ಪುಸ್ತಕ 4 ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ

ಎ.ಐ.ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ



ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು



ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ

ಪುಸ್ತಕ 4

ಫೋಟಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು

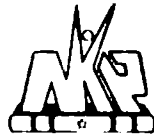
ಎ.ಐ.ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು

ಅನುವಾದ: ವಿ.ಆರ್. ತಿರುವೆಂಕಟಾಚಾರ್



ಮಿರ್ ಪ್ರಕಾಶನ
ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟ, ಮಾಸ್ಕೋ



ಅಧಿಕೃತ ವಿತರಕರು
ನವಕರ್ನಾಟಕ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್ಸ್ ಪ್ರೈವೆಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ್
ಬೆಂಗಳೂರು

Физика для всех
Книга 4
А. И. Китайгородский
Фотоны и ядра
Издательство «Наука»

A. I. Kitaigorodsky
PHYSICS FOR EVERYONE BOOK 4
PHOTONS AND NUCLEI

На языке каннада

ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಮುದ್ರಿತವಾದುದು

ISBN 5-03-000418-1

ಮುನ್ನುಡಿ

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ನಾಲ್ಕನೆಯ ಮತ್ತು ಕೊನೆಯ ಪುಸ್ತಕ. ಇದು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲತತ್ವಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ.

''ಮೂಲತತ್ವಗಳು'' ಎನ್ನುವುದು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಪದವೇ ಹೌದು. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ, ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಇಡೀ ಕಟ್ಟಡಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳು ಎಂದೇ ಅದರ ಅರ್ಥ. ಇವು ಅಷ್ಟೇನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಪಟ್ಟಿಮಾಡಬಹುದು: ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು, ಉಷ್ಣಬಲ ಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ನಿಯಮಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ.

ಸಮಸ್ತ ಪ್ರಕೃತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳಂತೆಯೇ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳೂ ಕೂಡ ಅನುಭವಾತ್ಮಕವಾದವು. ವೀಕ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ದ್ರವ್ಯವು ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವಿಕೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಆಕೃತಿ,

ದ್ರವ್ಯದ ತರಂಗ-ಕಣ ದ್ವಿವಿಧ ಮುಖ ಇತ್ಯಾದಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವಿಷಯಗಳ ಸಮುದಾಯವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಆಧಾರಭೂತ ನಿಯಮಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಿವರಣೆಗೆ ಆವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳ ಮತ್ತು ಕಲ್ಪನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಅಷ್ಟೇನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲ: ಅದು ಮಿತಿಪಟ್ಟೇ ಇರುವುದು.

ಕಳೆದ ಹಲವು ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೆಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಭಾಗಗಳ ಸಂಶೋಧಕರು ಚರ್ಚೆಯು ತಮ್ಮನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿರುವ ಮಿತಿಯನ್ನು ಅಂದರೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ವಿಭಾಗಗಳಿಗೂ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ನಿಯಮಗಳ ಮತ್ತು ಕಲ್ಪನೆಗಳ ಮಿತಿಯನ್ನು ಮೀರಿಹೋದ ಕೂಡಲೇ ಒಬ್ಬರನ್ನೊಬ್ಬರು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ತಪ್ಪುವುದು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಹಲವು ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದೊಡನೆಯೂ, ಪ್ರಕೃತಿ ವಿಜ್ಞಾನದೊಡನೆಯೂ, ವೈದ್ಯ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯೊಂದಿಗೂ, ಮತ್ತು ಮಾನವ ಹಿತೋತ್ಸಾಹಿಶಾಸ್ತ್ರಗಳೊಂದಿಗೆ ಕೂಡ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧ ಇರುವುದು. ಅವು ಏಕೆ ಸ್ವತಂತ್ರ ವಿಷಯಗಳಾಗಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಂಡಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮನಗಾಣಬಹುದು.

ಔಪಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳ ಚರ್ಚೆಗೆ ಮುಂಚೆ, ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳ ಮತ್ತು ನಿಯಮಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಾಗಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಯಾರೂ ವಿರೋಧಿಸಲಾರರು. ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗ್ರಂಥಕರ್ತರುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬನೂ ತನ್ನ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಅಭಿರುಚಿ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನಾ ಕ್ಷೇತ್ರ ಇವುಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ತಳಪಾಯವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡು ಅಣಿ ಮಾಡುವನು ಎಂಬುದೂ ಅಷ್ಟೇ ಸತ್ಯವಾಗಿರುವುದು. ನಾನು ಇಲ್ಲಿ ಮುಂದಿಡಲಿರುವುದು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲತತ್ವಗಳ ನಿರೂಪಣೆಗಿರುವ ಅನೇಕ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಾತ್ರ.

ಜನಪ್ರಿಯ **ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ**ದ ಮಾಲೆಯನ್ನು ಎಂತಹ ವಾಚಕರನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಹಿಂದಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳ

ಮುನ್ನುಡಿಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ತಾವು ಕಲಿತಿದ್ದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಪುನಃ ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಂಡು, ಈ ವಿಜ್ಞಾನದ ಇಂದಿನ ಸ್ಥಿತಿಯ ಒಂದು ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಪ್ರಗತಿಯ ಮೇಲೆಯೂ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಭೌತಿಕ ಮನೋಭಾವವನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ಅದರ ಪ್ರಭಾವದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ತಿಳಿಯಲಿಚ್ಛಿಸುವ, ಎಲ್ಲಾ ವೃತ್ತಿಗಳ ಪ್ರತಿನಿಧಿಗಳಿಗೋಸ್ಕರವಾಗಿ ಈ ಮಾಲೆಯನ್ನು ತಯಾರಿಸ ಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಪುನಃ ಹೇಳುವೆನು. ಈ ಪುಸ್ತಕಗಳ ಅನೇಕ ಪುಟಗಳು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಅಧ್ಯಾಪಕರಿಗೂ ಮತ್ತು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ಒಲವಿರುವ ಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿರುವುದೆಂಬ ಭರವಸೆ ನನಗೆ ಇದೆ. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಒಂದು ಸರಳರೂಪದ ಬೀಜಗಣಿತದ ಸಮೀಕರಣ ದಿಂದ ಕೂಡ ನಿರುತ್ಸಾಹಿಗಳಾಗಿರುವ ಓದುಗರಿಗೂ ಆಸಕ್ತಿಯುಂಟು ಮಾಡುವ ವಿಷಯವು ಇದ್ದೀತು.

ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಈ ಮಾಲೆಯನ್ನು ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇರಿಸುವ ಉದ್ದೇಶವಿಲ್ಲ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರಗಳುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಇವುಗಳ ನಿಯಮ ಗಳು ಹೇಗೆ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದೇ **ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು** ಎಂಬ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಲೇಖಕನ ಯತ್ನವಾಗಿರುವುದು. ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳ ಪರ್ಯಾಲೋಚನೆ ಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಸ್ಥೂಲ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಒದಗಿಸ ಲಾಗುವುದು. ಇದಾದಮೇಲೆ ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ವಿಚಾರ ವಾಗಿ ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದೆ; ಮತ್ತು ನಂತರದ ಚರ್ಚೆಯ ವಿಷಯವು, ಇಡೀ ಮಾನವಕುಲಕ್ಕೇ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳು. ವಿಶ್ವದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವರಣೆಯೊಂದಿಗೆ ನಮ್ಮ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಮಾತುಗಳನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಪರಿಮಿತವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಅನೇಕ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಬಿಡಬೇಕಾಯ್ತು. ಹೊಸತಲ್ಲದ್ದು, ಹೊಸತಕ್ಕೆ ಎಂದಿಗೂ ದಾರಿಬಿಟ್ಟು ಕೊಡಲೇಬೇಕು.

ಎ. ಐ. ಕಿತ್ಯಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

ವಿಷಯ ಸೂಚಿಕೆ

1. ಮೃದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣ

2. ದ್ಯುತೀಯ ಉಪಕರಣಗಳು

1. ಮೃದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣ

ವಿಕಿರಣದ ಮೂಲಕ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯ

ಮೃದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣ ಎಂಬುದು ಸುಮಾರು 0.1 ರಿಂದ 100 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳವರೆಗಿನ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಕಿರಣ. ಮೃದು ವಿಕಿರಣದ ವಿಚಾರವನ್ನು ನಾವು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದಾಗ ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿರುವುದು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದಲ್ಲಿ ಬಳಸದೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಈ ಮುನ್ನೆಚ್ಚರಿಕೆ ಮುಖ್ಯವಾದುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಶುದ್ಧ ರೇಡಿಯೋ-ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಮೃದು ವಿಕಿರಣದ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಬಹುದು. ಮೃದು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಬಹಳ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ''ಬೆಳಕು'' ಎಂಬ ಸರಳ ಪದದಿಂದಲೂ ಕರೆಯಲಾಗುವುದು. ಈ ಪದವನ್ನು ಬಳಸುವಾಗ, ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವ ಬೆಳಕು ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಒಂದು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಅಂತರದ ಖಂಡವನ್ನು ವ್ಯಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು - ''ಸರಾಸರಿ'' ಮಾನವ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಅದು 380 ಮತ್ತು 780 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರುಗಳ (ಅಥವಾ 0.38 ರಿಂದ 0.78 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳ) ನಡುವೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ, ''ಬೆಳಕಿ''ನ ವಿಚಾರ ಹೇಳಬೇಕಾದ ಸಂದರ್ಭ ಬಂದಾಗಲೆಲ್ಲಾ, ನಾವು ಆ ಪದವನ್ನು ಅದರ ವಿಶಾಲವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ವರ್ಣಪಟಲದ ದೃಶ್ಯ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ನಿಯಮಗಳು ಮೃದು ವಿಕಿರಣದ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿನಿಧಿಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯೂ ಸತ್ಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ನೀವು ಮತ್ತೂ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದುದೇನೆಂದರೆ: ದೃಶ್ಯ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉದ್ದದ

ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ "**ನೀಲಾತೀತ ವಿಕಿರಣ**" ಎಂದು ಹೆಸರು; ಹೆಚ್ಚು ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು "**ರಕ್ತಾತೀತ ವಿಕಿರಣ**" ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದು.

ನಾವು ಚರ್ಚೆಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಈಗ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಣೆಗೆ ಮೂರು ಕ್ರಮಗಳಿವೆಯಷ್ಟೆ. ಅವುಗಳಿಗೆ ಉಷ್ಣ ವಹನ, ತಾಪೀಯ ಸಂವಹನ ಮತ್ತು ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣ ಎಂದು ಹೆಸರು. ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿವಿನಿಮಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾದರೆ, (ಸಂವಹನವು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವ) ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ ಆಗಲಿರುವ (ಇದು ಉಷ್ಣದ ವಹನವು ಇಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ) ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಾಯಗಳು ಒಂದು ಸಂವೃತ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ರಚಿಸಿವೆ (ಅಂದರೆ ಇಂತಹ ವ್ಯೂಹದೊಳಗೆ ಇಲ್ಲದಿರುವ ಕಾಯಗಳೊಂದಿಗೆ ಯಾವ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡಬೇಕು), ಕಾಯಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಸಮವಾಗುವುವು ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ವ್ಯೂಹದೊಳಗಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಯವೂ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಕಾರಿಯೂ ಮತ್ತು ಲೀನಕಾರಿಯೂ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುದೇನೆಂದರೆ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟ ಒಂದಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು (ಇಂತಹ ಘಟನೆಗಳಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ ಆಗುವುದು) ಮತ್ತು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟ ಒಂದಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು (ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಲೀನವಾಗುವುವು). ಈ ವಿನಿಮಯಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿಗಳುಳ್ಳ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು (ಅಂದರೆ ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು) ಭಾಗವಹಿಸುವುವು.

ತನ್ನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಕಾಯವು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳದಿರುವುದು ಸಹಜವೇ. ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಚದರಿಸುವ ಅಥವಾ ಹಲವು ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಸಾಗಕೊಡುವ ಕಾಯಗಳಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದೇನೂ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ, ಕ್ಷಿಪ್ರವಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ ತಡವಾಗಿಯೋ ತಾಪೀಯ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ತಾಪೀಯ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಇರಬೇಕಾದರೆ ಲೀನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವು ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಗುಸ್ತಾವ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಕಿರ್‌ಹಾಫ್ (1824-1887) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು 1860ರಲ್ಲಿ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಈ ಅನುಪಾತವು

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗಬಹುದು, ಆದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಅದು ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿಗಳ ಫ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು.

ಈ ಪ್ರಮೇಯವು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಏನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆ ನಿಯಮದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಭಾವವೇನೆಂದರೆ ತಾಪೀಯ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಜಾತಿಯ (ಅಂದರೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಉಳ್ಳ) ಲೀನವಾದ ಫ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಅದೇ ಜಾತಿಯ ವಿಕಿರಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಫ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು. ಇದರಿಂದ ಈ ಮುಂದಿನ ನಿಯಮವು ಲಭಿಸುವುದು: ಒಂದು ಕಾಯವು ಯಾವುದೇ ಜಾತಿಯ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಪ್ರಬಲ ಲೀನಕಾರಿ ಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಅದೇ ಕಿರಣಗಳು ಅಷ್ಟೇ ತೀವ್ರವಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ತಾಪೀಯ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮ ಸಹಾಯಕವಾಗುವುದು. ಪಾದರಸ ಲೇಪ ಬಳಿದ ಪಕ್ಕಗಳುಳ್ಳ ಸೀಸೆಯೊಳಗಿನ ನೀರು ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳ ಕಾವಿನಿಂದ ಅದೇಕೆ ಅಷ್ಟು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ? ಕಪ್ಪು ಗಾಜಿನಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸೀಸಾಯಿಯಲ್ಲಿನ ನೀರು ಬಹಳ ಬೇಗ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ ಏಕೆ? ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಸುಸ್ಪಷ್ಟ: ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಕಾಯವು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು, ಮತ್ತು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಕಾವು ಆದಮೇಲೆ ತಾಪೀಯ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ, ಪಾದರಸ ಲೇಪ ಬಳಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಒಂದು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ಪ್ರತಿಫಲಕ. ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಮೊತ್ತವು ಮಾತ್ರ ಹೀರಲ್ಪಡುವುದು, ಕಾಯವನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಕಾಲ ಹಿಡಿಯುವುದು ಮತ್ತು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಈಗ ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ತಿರುಗಮುರುಗ ಮಾಡೋಣ. ಸ್ವಲ್ಪ ಬಿಸಿ ನೀರನ್ನು ಎರಡು ಸೀಸಾಯಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸುರಿದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಶೀತಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಡೋಣ. ಯಾವುದು ಅತಿಶೀಘ್ರವಾಗಿ ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತದೆ? ಯಾವುದು ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ತಣ್ಣಗಾಗುವುದು. ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯು ಲೀನವಪಟ್ಟರೆ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ವಿಸರ್ಜನೆಯೂ ಆಗುವುದು.

ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಬಣ್ಣದ ಪಿಂಗಾಣಿ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೂಲಕ ನಡೆಸಬಹುದು. ಪಿಂಗಾಣಿ ಚೂರು ಹಸಿರು ಬಣ್ಣದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ,

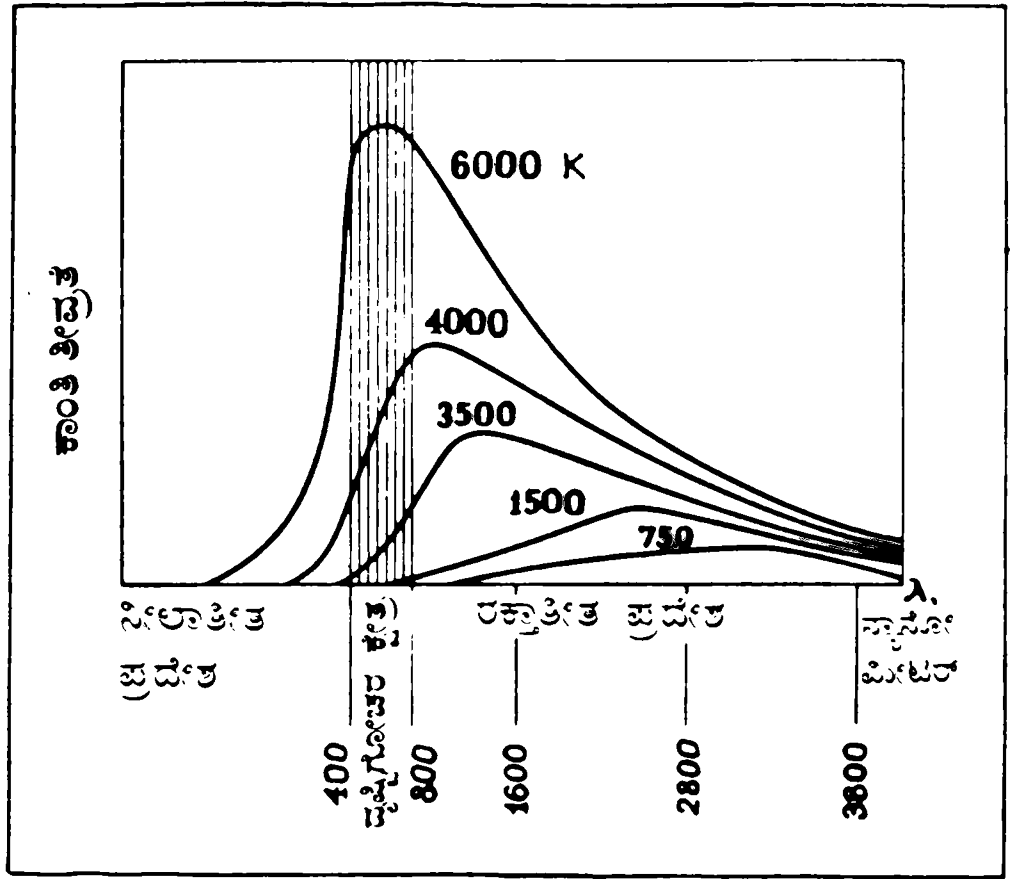
ಅದು ಹಸಿರು ಬಣ್ಣವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲಾ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನೂ ಲೀನಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ (ಅಥವಾ ಚದುರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ) ಕಿರಣಗಳನ್ನೇ ಕಣ್ಣು ನೋಡುವುದು. ಆ ತುಂಡನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡಿ. ಈಗ ಅದು ಹೇಗೆ ಕಾಣುವುದು? ಉತ್ತರವು ನಿಮ್ಮ ನಾಲಿಗೆಯ ತುದಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವುದು: ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣ, ಏಕೆಂದರೆ ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣವು ಹಳದಿ-ಹಸಿರು ಬಣ್ಣಕ್ಕೆ ಅನುಪೂರಕ ಬಣ್ಣ. ಅನುಪೂರಕ ಬಣ್ಣಗಳೆಂದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕಲಸಿದಾಗ ಬಿಳಿ ಬಣ್ಣ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದು. "ಅನುಪೂರಕ ಬಣ್ಣ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಬಳಕೆಗೆ ತಂದವನು ನ್ಯೂಟನ್, ಒಂದು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಗಾಜಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲವಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಿದಾಗ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿದ.

ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ವಿಕಿರಣ

ಒಂದು ಲೋಹದ ತುಂಡನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ, ಅದು ಮೊದಲು ಕೆಂಪಗೂ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಬೆಳ್ಳಗೂ ಆಗುವುದು ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವುದು. ಬಹುತೇಕ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಕಾಯಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅವು ಕರಗುವುವು ಅಥವಾ ವಿಘಟಿತವಾಗುವುವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ನಾವು ಮುಂದೆ ಹೇಳಲಿರುವುದೆಲ್ಲಾ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಲೋಹಗಳಿಗೇ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು.

ಅತ್ಯಂತ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಕಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳ ವಿಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲವು ವಿಶೇಷಕ ಲಕ್ಷಣ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ವಿಷಯ ಹೀಗಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಒಂದು ಕಾಯದ ವಿಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳೆರಡೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಮೃದು ವಿಕಿರಣದ ವರ್ಣಪಟಲ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಲೋಹಗಳು ಅಪಾರದರ್ಶಕಗಳಾಗಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವು ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತಗಳುಳ್ಳ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ವಿಕಿರಣಪಡಿಸಬೇಕೆಂಬುದು ಶತಃಸಿದ್ಧ.

ಇದನ್ನು ಬೇರೆ ವಿಧವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು: ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಬಹು ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ವ್ಯಾಪಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಪಟ್ಟಿಗಳಾಗಿ ಐಕ್ಯವಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೂ ಸಾಧ್ಯ. ಅಂದರೆ mನ ಮತ್ತು nನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ $E_m - E_n$ ನಡುವೆ ಯಾವ ಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಬೇಕಾದರೂ, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿಕಿರಣದ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣದ ಯಾವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನಾದರೂ ಕಾಣಬಹುದು. ಹಲವಾರು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 1.1

ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯದ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಚಿತ್ರ 1.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. (ಇಲ್ಲಿ ಆದರ್ಶ ಕಪ್ಪು ಕಾಯಗಳೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ತಾತ್ವಿಕ ವಕ್ರ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ).

ಈ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಆಕಾರದ ತಾತ್ವಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯು (1900ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಇದನ್ನು ಮಾಡಿದನು) ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಹೆಜ್ಜೆ ಆಗಿದ್ದಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು. ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಗೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಹೊಂದಿಕೆ ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಭಾಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂಭವಿಸುವುದೆಂದು ಪ್ಲಾಂಕ್ ಭಾವಿಸಬೇಕಾಯ್ತು. ಆದರೆ ಇದರಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಇಟ್ಟು ದ್ಯುತಿಯ ಕಣಗಳೆಂದು (ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು) ಹೇಳುವುದನ್ನು

ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ಲಾಂಕ್ ತಯಾರಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು 1905ರಲ್ಲಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಕೈಗೆತ್ತಿಕೊಂಡನು.

ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ಭಾವನೆಯನ್ನು ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ ಮಂಡಿಸಿದ್ದು 1913ರಲ್ಲಿ. ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಒಂದು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಯ ಜನ್ಮವರ್ಷವನ್ನು 1926 ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ನಂತರ ವಿವರಿಸೋಣ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಕೆಳಗಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲು ಗಮನಿಸಿ. ವಿಕಿರಣ ವಕ್ರರೇಖೆಯಿಂದ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಭೌತಿಕ ಅರ್ಥವೇನು? ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತಹ ವಕ್ರ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ವಿಕಿರಣದ ಕಾಂತಿತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕೋಟಿಗಳ ಅಕ್ಷದ (ಲಂಬ ಅಕ್ಷದ) ಮೇಲೆ ಗುರುತಿಸಿರುವುದಾಗಿ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ''ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರ'' ಎಂದರೆ ಏನು? 453 ಅಥವಾ 453.2 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರುಗಳಾಗಿರಬಹುದೆ? 453.257859987654 ಆಗಿರಬಹುದೇ? ''ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರ'' ಎಂದು ಹೇಳುವಾಗ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಒಂದು ಅತಿಸಣ್ಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಎಂಬ ನಮ್ಮ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಪ್ರಾಯಶಃ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿರಬಹುದು. ಈ ಅಂತರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು 0.01 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಭೌತಿಕ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದು ಕೋಟಿ ಅಲ್ಲ, 0.01 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರ್ ಅಗಲದ ತಳವುಳ್ಳ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸ್ತಂಭ. ಈ ಸ್ತಂಭದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಆ ಅಂತರದಲ್ಲಿನ ಉದ್ದಗಳುಳ್ಳ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ 453.25 ರಿಂದ 453.26 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರ್‌ವರೆಗಿನ) ತರಂಗಗಳಿಂದ ವಿಕಿರಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಈಗ ಪೂರ್ತಿ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಇಂತಹ ಸ್ತಂಭಗಳಾಗಿ ಒಡೆದರೆ, ಇಡೀ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪೂರ್ಣಕಾಂತಿ ತೀವ್ರತೆಯು ನಮಗೆ ಸಿಗುವುದು. ಗಣಿತ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ನಡೆಸುವ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವು ಇದೇಯೇ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾಕಲನವೆಂದು ಹೆಸರು. ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ: ನಮ್ಮ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಕೆಳಗಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ವಿಕಿರಣದ ಒಟ್ಟು ಕಾಂತಿ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನಾಲ್ಕನೆಯ ಘಾತಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು.

ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಲಿರುವ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯೊಂದಿಗೆ ಈ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಆಕ್ರಮಿಸಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಯೇ ಅಲ್ಲದೆ,



ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಪ್ಲಾಂಕ್ [1858-1947] - ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಾಧಾರಗಳನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದ ಪ್ರಮುಖ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ. ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಕಪ್ಪು ಕಾಯದ ಶಕ್ತಿ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿನ ಹಂಚಿಕೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವ ಗಣಿತೀಯ ವ್ಯಂಜಕ ಒಂದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಲು ಹೊರಟು ಒಂದು "ಕ್ರಿಯೆಯ ಶಕಲ" (ಕ್ವಾಂಟಂ) ಎಂಬ ಭಾವವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಇಂತಹ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ಲಾಂಕ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಆತನು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದ ಭಾವನೆ ಏನೆಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಯವು ಒಂದು ನಿಯತಾಂಕ (ಇದಕ್ಕೆ ಆಮೇಲೆ ಅವನ ಹೆಸರನ್ನೇ →

ಅದರ ಅಧಿಕತಮ ಮಟ್ಟವು ಎಡಗಡೆಗೆ, ಅಂದರೆ ನೀಲಾತೀತ ವಿಕಿರಣದ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಕದಲುತ್ತದೆ.

ವಿಕಿರಣದ (ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣದ) ಪರಮಾವಧಿ ಕಾಂತಿ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಕೆಲ್ವಿನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವು ಕೊಡುತ್ತದೆ:

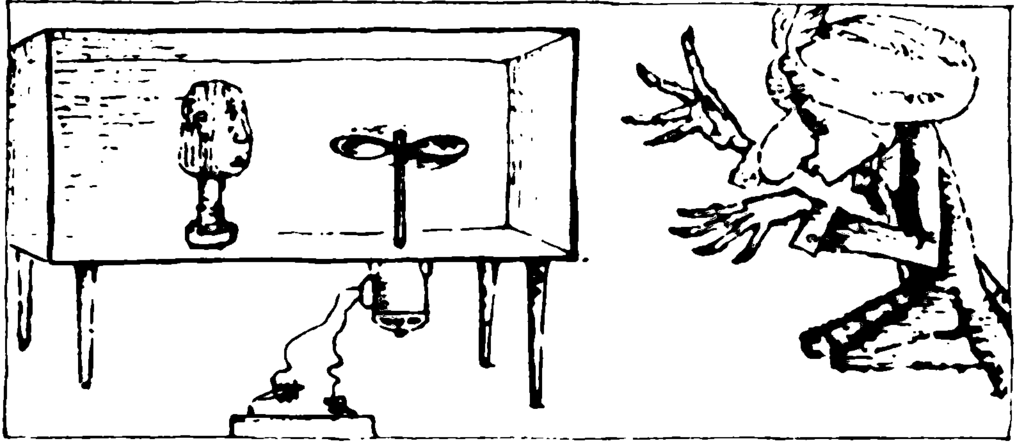
$$\lambda_{max} = \frac{2886}{T}$$

ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪರಮಾವಧಿ ಪರಿಮಾಣವು ರಕ್ತಾತೀತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ರಕ್ತಾತೀತ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣವೆಂದು ಕರೆಯುವುದು ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ. ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕಾಯಗಳು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲ ಸಲಕರಣೆಗಳು ಇವೆ ಎಂಬುದು ಒಂದು ಅದ್ಭುತವೆನಿಸುವ ವಿಷಯ. ಪೂರಾ ಕತ್ತಲೆಯಲ್ಲಿ ನೋಡಬಲ್ಲ ಸಲಕರಣೆಗಳು ಸಹ ಈಗ ಇವೆ. ಹಲವು ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಗೆ ಕೂಡ ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿಚಿತ್ರವೇನೂ ಇಲ್ಲ ಏಕೆಂದರೆ, ತತ್ತ್ವಶಃ ರಕ್ತಾತೀತ ಕಿರಣಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ಕಿರಣಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನೇ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

ಅಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಾಣಿಯೂ ವಿಕಿರಣದ ಒಂದು ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವೆಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬೇಡಿ. ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕತ್ತಲೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಬ್ಬನ ಇರುವಿಕೆಯ "ಅನುಭವ ಪಡೆಯುವುದನ್ನು" ನಾವು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಕೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಇಂದ್ರಿಯಾತೀತ ವಿಷಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ, ಹಾಗೆ "ಅನುಭವಿಸುವವನು" ತಾಪೀಯ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗ್ರಹಣಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳವನು, ಅಷ್ಟೆ.

ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವು ಅದರ ಅತಿಸಾಮಾನ್ಯ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಬಿಸಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಯವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ತಾಪೀಯ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವ ಒಂದು ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ಘಟನೆಯ ವಿಷಯವನ್ನು

→ ಇಡಲಾಯ್ತು) ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವ ಪಾಲುಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 1.2

ಹೇಳದೆ ಇರಲಾರೆ. ತನ್ನ ಸಂಕಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಒಂದು ಮೋಟಾರನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಬಲ್ಲ ಮಂತ್ರವಾದಿ ತಾನೆಂದು ಹೇಳಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕೆಂದು ನನ್ನನ್ನು ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಕೇಳಲಾಗಿತ್ತು. ತರ್ಕಸಮ್ಮತವಾದ ಒಂದು ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವುದೇ ನನ್ನ ಕಾರ್ಯವಾಗಿದ್ದಿತು. (ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮಂತ್ರವಾದಿಗಳು ಕಪಟ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪರಿಭಾಷೆಯನ್ನು ಬಳಸಲು ಇಷ್ಟಪಡುವರು ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ದೂರ ಗತಿಕ್ರಮ ಅಥವಾ ಟೆಲಿಕೈನೆಸಿಸ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ).

ಪ್ರಯೋಗದ ಒಂದು ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 1.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಮೋಟಾರಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು ರೆಕ್ಕೆಯನ್ನು ಭ್ರಮಣದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಯ್ತು. ಚಾಲಕಯಂತ್ರದ ಅಕ್ಷದಂಡವು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಕೆಳಗಡೆಯಿಂದ ಹೊರಚಾಚಿರುವ ಸ್ಥಳದ ಹತ್ತಿರ ಮಂತ್ರವಾದಿ ಕುಳಿತಾಗಲೆಲ್ಲಾ ರೆಕ್ಕೆಯು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ನಿಲ್ಲುತ್ತಿತ್ತು. ಆ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಯಾರು ಕುಳಿತುಕೊಂಡರೂ ಅವರು ರೆಕ್ಕೆಯನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಬಲ್ಲರು ಎಂಬುದು ಶೀಘ್ರವಾಗಿಯೇ ನನಗೆ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 10 ರಿಂದ 15 ನಿಮಿಷಗಳ ಕಾಲ ಹಿಡಿಯುತ್ತಿತ್ತು. ಮಂತ್ರವಾದಿ ಹೇಳಿದಂತೆ ನಿಂತು ಹೋಗಿದ್ದುದು ಮೋಟಾರಲ್ಲ, ಆ ಸಣ್ಣ ರೆಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ. ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿದ್ದೇನೆಂದರೆ ಮನುಷ್ಯ ದೇಹಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಬಲವು ಮೋಟಾರಿನ ಅಕ್ಷದಂಡ ಮತ್ತು ರೆಕ್ಕೆ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅನುಸಕ್ತಿ ಬಲಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆ ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು.

ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಅತಿಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪವನ್ನು ತಂದರೆ ರೆಕ್ಕೆಯನ್ನು ಕ್ಷಣಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿನ ಯುಕ್ತಿ ಏನೆಂದರೆ ಮನುಷ್ಯ ದೇಹವು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಉಷ್ಣ ಎಂಬುದು ವಿಶದಪಟ್ಟಿತು. ಹೊಗೆಸೊಪ್ಪಿನ ಹೊಗೆಯನ್ನು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಊದಿದಾಗ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯೊಳಗಿರುವ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಸಂವಹನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ರೆಕ್ಕೆಯು ತಿರುಗದೆ ಇರುವಂತೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟೆನು. ಮನುಷ್ಯ ದೇಹಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಪಕ್ಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅದಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿರುವ ಪಕ್ಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು.

60-70 ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್‌ಗೆ ಬಿಸಿಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಯವು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ರಕ್ತಾತೀತ ಕಿರಣಗಳನ್ನು, ನಮ್ಮ ಕೈಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ನಾವು ಅನುಭವಿಸಬಹುದು. ತಾಪೀಯ ಸಂವಹನವು ಇರದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಕಾಯಿಸಿದ ಗಾಳಿಯು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಿಮ್ಮ ಕೈಯನ್ನು ಕೆಳಗಡೆಯಿಂದ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಬನ್ನಿ. ಆಗ ನಿಮ್ಮ ಅರಿವಿಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವುದು ತಾಪೀಯ ಕಿರಣಗಳೆಂದು ದೃಢಪಡುವುದು.

ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ತಂತುವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಆಧುನಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪದ ಬುರುಡೆಯು ಒಂದು ಇಂಗಾಲದ ತಂತು ಇರುವ ಬುರುಡೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮುಂದುವರಿದ ಹೆಜ್ಜೆ ಏಕೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸಿ ತಾಪೀಯ ಕಿರಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಈ ಮಾತುಗಳನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇದರಲ್ಲಡಗಿರುವ ವಿಷಯವೆಲ್ಲಾ ಇಷ್ಟೇ: ಒಂದು ಇಂಗಾಲದ ತಂತುವನ್ನು 2100° K ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಕಾಯಿಸಬಹುದು, ಆದರೆ ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ತಂತುವನ್ನು 2500° K ವರೆಗೂ ಬಿಸಿಮಾಡಬಹುದು. ಈ 400 ಡಿಗ್ರಿಗಳು ಅಷ್ಟು ಮುಖ್ಯವಾಗಿರಲು ಕಾರಣ ಏನು? ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ದೀಪದ ಉದ್ದೇಶವು ಬೆಳಕನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು, ಶಾಖವನ್ನಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟವು ವಿಕಿರಣದ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದೇ ನಮ್ಮ ಗುರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಸೂರ್ಯನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಥವಾ 6000° K ಅನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ತಂತುವನ್ನು ಬಳಸುವುದು ಆದರ್ಶ ಧ್ಯೇಯವೆಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಆದರೆ 2100 ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಂದ 2500 ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಸಾಗುವ ಹೆಜ್ಜೆಯೂ ಕೂಡ ದೃಗ್ಗೋಚರ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಭಾಗವನ್ನು ಶೇಕಡ 0.5 ರಿಂದ ಶೇಕಡ 1.6ಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು.

ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣದ ತತ್ತ್ವ ನಿರೂಪಣೆ

ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುವ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣಮಾಡುವ ಕಾಯಗಳ ವ್ಯೂಹ ಒಂದು ಸಂವೃತ ವಾಗಿದ್ದರೆ ಆಗ ಫೋಟಾನ್ "ಅನಿಲ"ವು (ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ಕಾಯಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ) ಆ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಪರಮಾಣು ಗಳೊಡನೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಬೇಕು. $h\nu$ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು E_1 ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಪರಮಾಣುಗಳಿವೆ ಮತ್ತು E_2 ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಅಪ್ರತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ, ಈ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯು ಚಲನಾತ್ಮಕ ಸ್ವಭಾವದ್ದು, ಏಕೆಂದರೆ ಉತ್ತೇಜನ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (ಇನ್ನೊಂದು ಕಣದೊಡನೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದಾಗಲಿ) ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ವ್ಯೂಹವು ಎತ್ತರದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹತ್ತುತ್ತದೆ. ವ್ಯೂಹವು ಈ ಉತ್ತೇಜಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ (ಅನಿಶ್ಚಿತ) ಕಾಲದ ಪರ್ಯಂತ (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಭಾಗಮಾತ್ರದಷ್ಟು) ಉಳಿದಿದ್ದು ಮತ್ತೆ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಗೆ **ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ವಿಕಿರಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಪರಮಾಣುವು ತೊಡಕಾದ ವಿನ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಮತ್ತು ಮೊನಚಾಗಿ ರುವ ಶಿಖರದ ಮೇಲಿನ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗುಂಡಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ: ಗಾಳಿಯ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಸುಳಿವು ಕೂಡ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಭಂಗಪಡಿಸಬಲ್ಲುದು. ಗುಂಡು ಒಂದು ಕಣಿವೆಯೊಳಕ್ಕೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗಕ್ಕೆ, ಉರುಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಲವಾದ ಹೊಡೆತ ಮಾತ್ರವೇ ಅದನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತರಬಲ್ಲುದು. ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದಿರುವ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಬೇಕಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಕಣಿವೆಯ ಶಿಖರಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ತಗ್ಗು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿವೆ ಎಂಬುದು. ಗುಂಡು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಗಾಳಿಯ ಸುಳಿವಿನಿಂದ ಅಥವಾ ಮೆಲ್ಲಗೆ ತಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಲಾಗುವಂತಹ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತಗ್ಗಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿರಬಹುದು. ಇದು ಒಂದು ಸದೃಶ ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿ. ಹೀಗಾಗಿ, ಉದ್ರೇಕ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸದೃಶ ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದ ಮೂರನೆಯ ಜಾತಿಯೂ ಇರುವುದು.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಎರಡು ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಮೊದಲು ಒಂದು ಪರಮಾಣು, ಆನಂತರ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣು, ಮೇಲಿನ ಒಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಮರುಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ, ಅವು ಕೆಳಗಿನ ಒಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದು ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಏರುತ್ತವೆ.

ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಯಾವುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ? ಎರಡು ಅಂಶಗಳು: ಮೊದಲನೆಯದು, ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ತಳದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸುವ ಆಘಾತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ. ಮತ್ತು ಕೆಳಗಡೆಗಾಗುವ ಸಂಖ್ಯೆ ಇದು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು ಸಹಜವೇ. ಮತ್ತು ಇನ್ನು ಇತರ ಯಾವ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರುವುದು. ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮೊದ ಮೊದಲಿನ ಭಾವನೆಯು ಇದೇ ಆಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯಮಾನ ಇದೊಂದಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ತಾತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಿಂದ ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಮೇಲ್ಗಡೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಒಂದೇ ಅಂಶವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವ ಕೆಳಗಡೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುವವು. ಇಷ್ಟು ಸ್ಫುಟವಾಗಿ ಕಾಣುವ ಈ ವಾದವು ಅರ್ಥವಿಲ್ಲದುದಾಯ್ತು: ಎಂದಾದರೂ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹಾರಬಲ್ಲುವುವು: ಪರಮಾಣು ಪ್ರಸವ ವಿಕಿರಣವಿಲ್ಲದ ಅಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು.

ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಗದ ಈ ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ 1926ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಹಿಂದಿನವರ ತರ್ಕಸರಣಿಯಿಂದ ಅರಿತುಕೊಂಡನು. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಬಾಧಿಸುವ ಬೇರೆ ಯಾವುದೋ ಪ್ರಭಾವವಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ಪರಿವರ್ತನೆಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಬಲವಂತದ ಪರಿವರ್ತನೆಯೂ ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಇದು ಏನು? ಎರಡು ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು: ಒಂದು ಪ್ರಸವ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದೆ. ಅದು ಕೆಳಗಿನ

ಮಟ್ಟದಿಂದ $E_2 - E_1 = h\nu$ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈಗ $h\nu$ ಶಕ್ತಿ ಇರುವ ಒಂದು ಫೋಟಾನ್ ವ್ಯೂಹದ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದರೆ ಆಗ ಅದು ವ್ಯೂಹವು ಕೆಳಗಿನ ಒಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾದ ಫೋಟಾನು ಲೀನವಾಗಿ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ ಆದರೆ ಮೊದಲನೆಯ ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾದ ಅದೇ ಜಾತಿಯ ಮತ್ತೊಂದು ಫೋಟಾನಿನೊಡನೆ ಮುಂದೆ ಸಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ತರ್ಕಬದ್ಧವಾದ ರೀತಿಯನ್ನೂ ಹುಡುಕಲು ಹೋಗಬೇಡಿ.... ಊಹೆಮಾತ್ರ, ಮತ್ತು ಅದು ಸರಿ ಅಥವಾ ತಪ್ಪು ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕು. ಈ ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ಒಂದು ಕಾಯಿಸಿದ ಕಾಯದ ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರ ಇವುಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ರೇಖಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ನೀಡುವ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಈ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳೊಡನೆ ಉಜ್ವಲ ಸಾಮ್ಯವಿರುವುದಾಗಿ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು, ಇದರಿಂದಾಗಿ ಮೇಲಿನ ಊಹೆಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆಯಿತು.

ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ ಇರುವುದೆಂಬ ವಿಷಯದಿಂದ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಒಯ್ದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ತೀರ್ಮಾನಗಳನ್ನು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಯ್ತು ಎಂಬುದು ಒಂದು ಭಾವೋದ್ರೇಕಕರವಾದ ಚಿಂತನೆ.

ದ್ಯುತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು

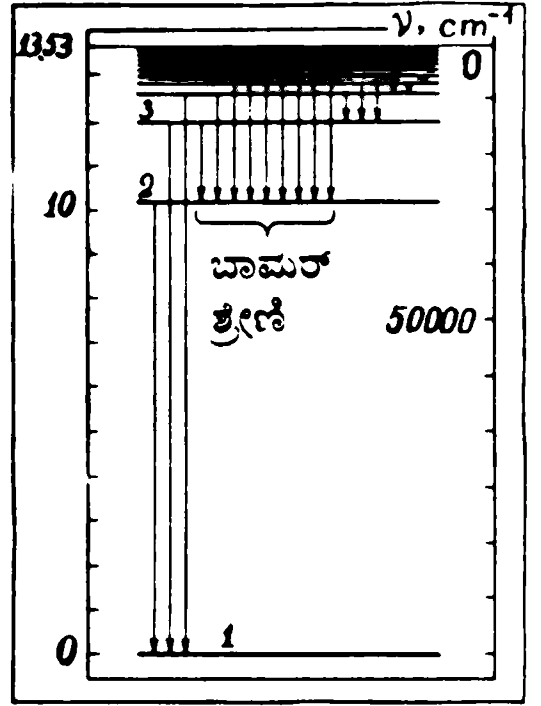
ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಯಾವುದೇ ಕಾಯವಾದರೂ ಮೃದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ವರ್ಣಪಟಲಗ್ರಾಹಕವನ್ನು (ಒಂದು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ ಗಾಜನ್ನೋ [Prism] ಅಥವಾ ದ್ಯುತಿನಮನ ರೇಖಾಪಲಕವನ್ನೋ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ಉಪಕರಣ) ಉಪಯೋಗಿಸಿ ದ್ಯುತಿಯನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲವಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಬಹುದು. ವರ್ಣಪಟಲವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಯಾಗಲಿ, ತಂಡರೂಪದ್ದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ರೇಖೀಯವಾಗಲಿ ಆಗಬಹುದು. ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವ ಗಟ್ಟಿಕಾಯಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹೋಲುವುವು. ವಸ್ತುತಃ, ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಪ್ರಜ್ವಲಿಸಬಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕೆಲವೇ ಮಾತ್ರ. ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವ ದ್ರವವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು ಅಪರೂಪ ವಸ್ತು. ಅನಿಲಗಳ ವಿಸರ್ಜಿತ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಬೋಧಪ್ರದವಾಗಿರುವುವು. ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ನಮ್ಮನ್ನು ಸೇರುವ ಕಿರಣಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಇಂಥವೇ.

ವಿಶ್ವದ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮಗೆ ಲಭಿಸಿರುವ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ ಬಹುಭಾಗವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ್ಯದ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿಸರ್ಜಿತ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸುಲಭ. ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹಾಯಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಬಿಸಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೊಳೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಣುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನಲ್ಲ. ಅನಿಲವು ಹೊಳೆಯಲು ಆರಂಭಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಅಣುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತವೆ. ಸಂಶೋಧಕನು ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಆಸಕ್ತಿಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ. ಅಂತಿಮ ತೀರ್ಮಾನದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರವು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯೂಹದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಆದರೂ ಒಂದೇ ವಿಷಯವನ್ನು ಫಲವಾಗಿ ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಸರಳವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಯಾವುದು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭವೋ ಅದನ್ನೇ ಮಾಡಿ.

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಆಗಿರುವ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅನಿಲದಿಂದ ಅಥವಾ ಒಂದು ತನುವಾದ ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಲೀನವಾದ ಅಣುಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಅನೇಕ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನಿಲದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೋಲುವುದು ಎಂದು ಈ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ದ್ಯುತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರಾವಕವು ವರ್ಣಪಟಲದ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ದೌರ್ಭಾಗ್ಯವೇ ಸರಿ. ಆದರೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗಿರುವ ಅಣುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ನಮೂನೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ ಇದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಲೀನಪಟ್ಟ ಅಣುವಿನ ಬೆರಳೊತ್ತುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಪಡೆದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದಂತೆ ಆಗಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅನೇಕ ಕಾರ್ಯದೃಷ್ಟಿಯುಳ್ಳ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಇದು ಬೇಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಿವಾರದ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಷಯ ಸಂಕಲನದ (ಅಂದರೆ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಪಟ್ಟಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕಾಂತಿ ತೀವ್ರತೆಗಳು ಅಥವಾ ಕಾಂತಿತೀವ್ರತೆ ಮತ್ತು



ಚಿತ್ರ 1.3

ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ ಇವುಗಳ ಸಂಬಂಧ ತೋರಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳ) ಸಹಾಯದಿಂದ, ಒಂದು ಅಪರಿಚಿತ ಪದಾರ್ಥದ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾದರಿಯನ್ನು ವಿಷಯ ಸಂಕಲನದ ಮಾದರಿಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವುದರಿಂದ ಆ ಪದಾರ್ಥವು ಯಾವುದೆಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಒಬ್ಬ ಅಪರಾಧಿಯನ್ನು ಆತನ ಬೆರಳೊತ್ತುಗಳಿಂದ ಗುರ್ತಿಸುವ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಇದನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಇತ್ತೀಚಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ, ದ್ಯುತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿಸ್ಪರ್ಧಿ ಬಂದಿದೆ: ರೇಡಿಯೋವರ್ಣಪಟಲವಿಜ್ಞಾನ. ಸಂವೇದನಾಶೀಲತೆಯಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋವರ್ಣಪಟಲ ವಿಧಾನಗಳು ದ್ಯುತೀಯ ವಿಧಾನಗಳಿಗೆ ಇನ್ನೂ ಸಮನಾಗಿಲ್ಲ. (ಪ್ರಾಯಶಃ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಹೀಗಿರಲಾರದು.) ಆದರೆ ಇವು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮಿಶ್ರಣಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ದ್ಯುತೀಯ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುವು.

ವಾಚಕನಿಗೆ. ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಾಸ್ತವಿಕ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಪರಿಚಯವನ್ನು ಮಾಡಿ ಕೊಡುವುದು ಇಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶವಲ್ಲ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ



ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ (1885-1962) - ಪರಮಾಣುವಿನ ಮೊದಲನೆಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಮಂಡಿಸಿ ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಡೇನಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ. ಆತನು ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ರೂಪುಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದನು. ಸ್ಥೂಲ ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಯ ವಿವರಣೆಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಭಾವನೆಗಳು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ತತ್ವಶಃ ಅನ್ವಯಿಸಲಾಗದೆಂದು ಆತ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ರಚನೆಯ ತಾತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಆತನ ಕೊಡುಗೆ ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದುದು.

ಮಾದರಿಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಮುಕ್ತ ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಪ್ರಧಾನ ವಿನ್ಯಾಸ ಕ್ರಮವನ್ನೂ ಚರ್ಚಿಸುವುದಷ್ಟೇ ಸಾಕು.

ಜಲಜನಕದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 1.3(27ನೇ ಪುಟ ನೋಡಿ) ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಶೂನ್ಯರೇಖೆಯಿಂದ ನಾವು ಮುಂದೆ ಹೋದಂತೆ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.

ಜಲಜನಕದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿನ ಶೂನ್ಯವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ "ನಿಜವಾದ" ಶೂನ್ಯವಲ್ಲ. ಉದ್ರೇಕಗೊಳ್ಳದ ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವು ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಸಹಜವೇ. ಆದರೆ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದರಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ರೇಖೆಯಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು ಅನುಕೂಲಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಅದಕ್ಕೆ ದೊರೆತ "ಧಕ್ಕೆ"ಯ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ಪರಮಾಣುವು ಯಾವುದಾದರೊಂದು "ಅಂತಸ್ತಿ"ಗೆ ಹತ್ತಿ, ಅಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷಣ ಮಾತ್ರ ಉಳಿಯದ್ದು ಆಮೇಲೆ ಸಾಧ್ಯವಾದ ಎರಡು ರೀತಿಗಳ (ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ ಅಥವಾ ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ) ಪೈಕಿ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುವುದು.

ಹೀಗೆ ಏರ್ಪಡುವ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಸೌಕರ್ಯದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹಲವು ಶ್ರೇಣಿಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಬಹುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಶ್ರೇಣಿಯೂ ಅದರ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಅಧೀನವಾಗಿರುವುದು. ವರ್ಣಪಟಲದ ದೃಶ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ **ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿ** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಶ್ರೇಣಿ ಇರುವುದು. ಈ ಶ್ರೇಣಿಯ ವಿವರಣೆಯು ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರನ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೊದಲನೆಯ ವಿಜಯವಾಗಿತ್ತು.

ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೂ ಸಮಸಂಭವನೀಯತೆಯುಳ್ಳವುಗಳಲ್ಲ. ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ರೇಖೆಯು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಂತಿ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ನಿಷೇಧಿತ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೂ ಇರುವುವು.

ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಾಧನೆಯೆಂದರೆ 1926ರಲ್ಲಿ ಎರ್ವಿನ್ ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ (1887-1961) ಎಂಬ ಆಸ್ಟ್ರಿಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ರಚಿಸಿದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಿಡಿಸಿ ಅದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ವರ್ಣಪಟಲದ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುವುದು.

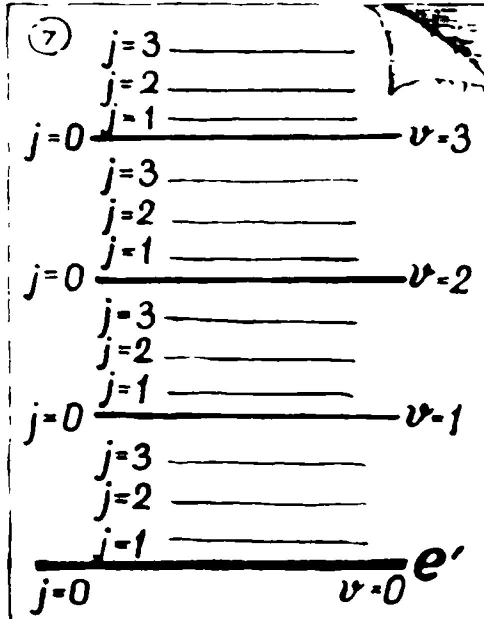
ಪರಮಾಣುವಿನ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಬಾಹ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಲೂ

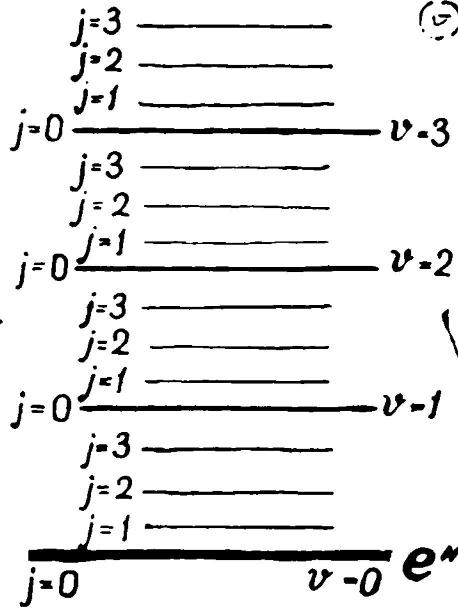
ರೇಖೆಗಳು ಹಲವಾರು ಘಟಕಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತವೆ (**ಸ್ಟಾರ್ಕ್ ಪರಿಣಾಮ** ಮತ್ತು **ಜೀಮಾನ್ ಪರಿಣಾಮ**). ಈ ಘಾತೋದ್ರೇಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಈಗ ನಾವು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಸಾಮ್ಯುಯೆಲ್ ಗೂಡ್ಸ್ಮಿಟ್ ಮತ್ತು ಜಾರ್ಜ್ ಉಹ್ಲೆನ್‌ಬೆಕ್ ಎಂಬುವರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭ್ರಮಣ ಹೊಂದಿರುವುದೆಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆಯೇ ಇವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅರ್ಥವತ್ತಾದ ತಿಳುವಳಿಕೆ ಏರ್ಪಟ್ಟಿತೆಂಬುದನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಭ್ರಮಣವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಬಯಲಿಗೆ ಬರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

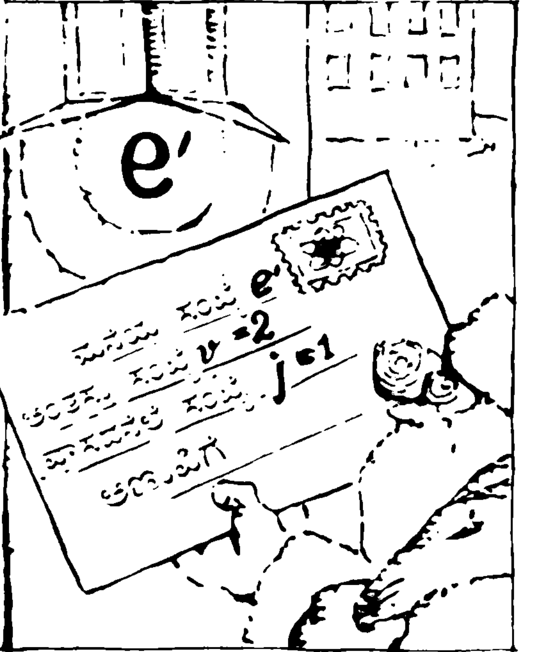
ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಚಿತ್ರಾಕೃತಿಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಅಂತಿಮ ಮಾತು. ಮಟ್ಟಗಳು ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗುವ ಪರಿಮಿತಿಯನ್ನು 13.53 ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಗುರುತಿಸಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೀರಿ. ಇದು ಎಂತಹ ಸಂಖ್ಯೆ? ಇದು **ಅಯಾನೀಕರಣ ವಿಭವ.** ಈ ವಿಭವವನ್ನು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಪರಿಮಾಣದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಗುಣಿಸಿದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಿಂದ ಹೊರಗೆಡಹುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ; ಅಂದರೆ, ಇದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ನಾಶಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವುವು. ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿದ ಕೂಡಲೆ ಶಕ್ತಿಯ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಘಟಕಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುವುದು. ಒಂದು ಅಣುವು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು ಮತ್ತು ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಂಪನ ಮಾಡಬಲ್ಲುವು. ಶಕ್ತಿಯ ಈ ಎಲ್ಲಾ ವಿಧಗಳನ್ನೂ ಹಾಗೆಯೇ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಅವುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಆದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರಬಲ್ಲವು. ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಘದ ಸ್ಥಿತಿ (**ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟ**), ಆಂದೋಲಕ ಚಲನೆಯ ಸ್ಥಿತಿ (**ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟ**) ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದ ಸ್ಥಿತಿ (**ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟ**) ಇವುಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಆದರೆ ನಾವು ಮೂರು ವಿಧದ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡಬೇಕಾಗುವುದು: ಮನೆ, ಅಂತಸ್ತು ಮತ್ತು ವಾಸದನೆಲೆ ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು.

ಆದರೆ ''ಅಂತಸ್ತು'' ಮತ್ತು ''ವಾಸದನೆಲೆ'' ಇವುಗಳ ಪಾತ್ರವೇನು? ಯಾವ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ದೊಡ್ಡ ಅಂತರಗಳಿವೆ ಮತ್ತು ಯಾವುದರ ನಡುವೆ ಸಣ್ಣ ಅಂತರಗಳಿವೆ?







ಚಿತ್ರ 1.4

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಚಿತ್ರ 1.4ರಲ್ಲಿ ಉತ್ತರ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ನಕ್ಷೆಯು e' ಮತ್ತು e'' ಎಂಬ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು (ಮನೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು) ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

v' ಎಂದು ನಮೂದಿಸಿರುವ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳ ಅಂತಸ್ಥ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಮತ್ತು j ಎಂದು ನಮೂದಿಸಿರುವ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳು ವಾಸದ ನೆಲೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಮನೆಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ವಾಸದ ನೆಲೆಗಳನ್ನು ನಮೂದಿಸುವ ಅಪೇಕ್ಷಿತವಾದ ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಮತ್ತೊಂದು ಇದು ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರ: ಅಣವಿಕ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ವಿಚಾರವಾದ ವಾಗ ಪ್ರತಿ ಅಂತಸ್ಥ ವಾಸದ ನೆಲೆಗಳನ್ನು ರೇಖೆಯಿಂದ ಅದಂಭಿಗೆ ಪಠಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರಗಳು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಕಿರಿದಾದವು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟಗಳ (e' ಮತ್ತು e'') ನಡುವಣ ಅಂತರಗಳು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡವು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಅಣುವು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಈ ಮೂರೂ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ: 100, 200, 300, ... ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನಗಳಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟಗಳು, 10, 20, 30, ... ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನಗಳಿರುವ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳು ಮತ್ತು 1, 2, 3, ... ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನಗಳಿರುವ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳು; ಆಗ ಎರಡನೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ, ಮೊದಲನೆಯ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಒಂದು ಅಣುವು 213 ಏಕಮಾನಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮುಂದೆ ತೋರಿಸುವಂತೆ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು:

$$W = W_{el} + W_{vib} + W_{rot}$$

ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣವಾದ ದ್ಯುತಿಯ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಯಾವಾಗಲೂ ಎರಡು ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ (ಸಂಕೇತ: $\triangle$) ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು:

$$v=\frac{1}{h}(\triangle W_{el} + \triangle W_{vib} + \triangle W_{rot})$$

ಒಂದೇ ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇರ್ಪಡುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಮಾತ್ರ ನಾವು ಹೇಳಬಯಸುತ್ತೇವೆ. ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ, ಇದು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ. ಹೀಗೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಇಷ್ಟರಲ್ಲಿಯೇ ತಿಳಿಯುವೆವು.

ಅಣುಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪಿನಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಗ್ರಹಣ ಕ್ರಿಯೆಯೊಡನೆ, ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಅತಿ ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಾಂತರಗಳೊಡನೆ, ಅಂದರೆ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠಾಂಶ hv ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತಗಳೊಡನೆ ನಮ್ಮ ವಿಚಾರಣಾಕ್ರಮವನ್ನು ಆರಂಭಿಸುತ್ತೇವೆ. ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತದ ಪರಿಮಾಣವು ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವವರೆಗೂ, ಅಣುವು ಗ್ರಹಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು "ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ" ಹಂತದಿಂದ ಮುಂದಿನ ಹಂತಕ್ಕೆ ಎತ್ತಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ಶಕ್ತಿಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಸೇರುತ್ತೇವೆ. ಇದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ (ರೇಡಿಯೋ ವರ್ಣಪಟಲದ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ) ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ರಕ್ತಾತೀತವರ್ಣಪಟಲ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದೂರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವುದು ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಸರಿಸುಮಾರು 0.1 ರಿಂದ 1 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್‌ವರೆಗಿನ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಅಣುಗಳು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುವು. ಆಗ ನಾವು ಶುದ್ಧವಾದ ಒಂದು ತಂಡ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದು ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಅಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೆಳಗಿಸಿದರೆ ಹೊಸ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಶುದ್ಧಾಂಗವಾಗಿ ಕಂಪನಾತ್ಮಕವಾದ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು, ಅಂದರೆ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬದಲಾಗದೇ ಉಳಿಯುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಎಂದಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಒಂದು ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳು ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ: ಶೂನ್ಯ (ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ) ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಒಂದನೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದು. ಮೂರನೆಯ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಎರಡನೆಯದಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಎರಡನೆಯದರಿಂದ ಒಂದನೆಯದಕ್ಕೆ, ಇದೆ ಮುಂತಾಗಿ ಆಗಿರಬಹುದೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಹೀಗೆ, ಒಂದು ಕಂಪನ-ಭ್ರಮಣ ವರ್ಣಪಟಲವು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಅದನ್ನು ರಕ್ತಾತೀತ ದ್ಯುತಿಯಲ್ಲಿ (3 ರಿಂದ 50 ಮೈಕ್ರೊಮೀಟರುಗಳು) ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಆಗುವ ಎಲ್ಲಾ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೂ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಹತ್ತಿರ ಇರುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ವಿಭೇದನ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆ

ಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಈ ರೇಖೆಗಳು ಒಂದು ತಂಡವಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತಂಡವೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಹೊಸದಾದ ವರ್ಣಪಟಲ ಪ್ರದೇಶದೊಳಗೆ ಪ್ರವೇಶ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಇದು ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತವು ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯಲು ಸಾಕಾಗಿರುವ ದೃಶ್ಯಪಟಲಕಿನ ಪ್ರದೇಶ. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಜೊತೆಗೆ ''ಮನೆಯ'', ''ಅಂತಸ್ಕಿನ'' ಮತ್ತು ''ವಾಸದನೆಲೆ''ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇರ್ಪಡುವ ತೊಡಕಾದ ಶಕ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಒಂದು ಕಂಪನಾತ್ಮಕ-ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ತಂಡ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ದೃಶ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ವರ್ಣಪಟಲವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಪದಾರ್ಥಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಸಂಘಟಿತ ವಸ್ತುಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಸಹಾಯಕ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿವೆ. ಈ ಸಹಾಯವು ಇಂದಿಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದೆ. ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಘಟನೆಗಳು ಇದೀಗ ತಾನೇ ನಡೆದಿವೆ.

ಲೇಸರ್ ವಿಕಿರಣ

ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ರಚನೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು, ಇಂತಹ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದರಿಂದಾಗಿ ಈ ಶತಮಾನದ ಮೊದಲ ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಗಳು ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮೆಗೊಳಿಸುವಂತಹ ಮುನ್ನಡೆಗಳನ್ನು ನೋಡಿದವು. ಅನಂತರದ ನಲವತ್ತು ವರ್ಷಗಳು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ವ್ಯವಹಾರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೇ ಅದ್ಭುತವಾದ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದುವು. ಮಾನವಕುಲವು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ತಂದುಕೊಂಡ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಕ್ರಾಂತಿಗೊಳಿಸಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ತಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಗೆ ದಾರಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ, ಅರ್ಧವಾಹಕ

ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಕಾಲವಾಗಿದ್ದಿತು ಇದು. ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಕಲಾ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಆಧುನಿಕ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದ್ದು ಈ ಮೂರು ಪ್ರಯೋಗಗಳೇ.

ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ನಾವು ಲೇಸರುಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಲಿದ್ದೇವೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಧಾನ ಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಅತಿ ತೀವ್ರ ಕಾಂತಿಯುಳ್ಳ ಸದಿಶ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಜಾಲ ಒಂದನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಏಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಮೊದಲು ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಚಾರ ಮಾಡೋಣ.

ಬಹಳ ಕಿರಿದಾದ ಕಿರಣಜಾಲದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದ ಅತ್ಯಂತ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ದ್ಯುತಿಯ ಪ್ರವಾಹವೂ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿಯೇ ಹರಡಿಕೊಂಡು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆಮಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಸುಡಬಲ್ಲುದೂ ಮತ್ತು ಕತ್ತರಿಸಬಲ್ಲುದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಹು ದೂರಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸಬಲ್ಲುದೂ ಆದ ''ಅತಿಪರವಲಯ'' (ಹೈಪರ್ ಬೊಲಾಯಿಡ್) ಒಂದನ್ನು ರಷ್ಯದ ಲೇಖಕ ಅಲೆಕ್ಸಿ ಟೋಲ್‌ಸ್ಟಾಯ್‌ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಟ್ಟುಕಥೆಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಥಾನಾಯಕನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತಾನೆ. ನಿಜ, ದ್ಯುತಿಯ ಸಮಾಂತರ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಬಲ್ಲ ಒಳಬಾಗಿನ ಕನ್ನಡಿಯೊಂದನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಬಿಂದುರೂಪದ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವನ್ನು ಕನ್ನಡಿಯ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಆದರೆ ಬಿಂದು ಎಂಬುದು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಅಮೂರ್ತ ಭಾವನೆ. ಸರಿ, ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ ದೊಡ್ಡದಾದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವಿದೆಯೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆದರೂ, ಗುಂಡನ್ನು **6000** ಡಿಗ್ರಿಗಳವರೆಗೂ ಕಾಯಿಸಿದರೆ (ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುವ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥವೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದುದನ್ನು ತಡೆಮುಕೊಳ್ಳಲಾರದು) ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಜಾಲವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಸಮಾಂತರ ಕಿರಣಜಾಲಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ದ್ಯುತಿಯ (ಬೆಳಕಿನ) ''ತಂತು''ಗಳ ತೆರೆದ ಬೀಸಣಿಗೆಯು ದೊರಕುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಕ್ಷೇಪಕದಿಂದ ಬರುವ ಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು ದೂರ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕ್ಷೀಣಿಸುವುದು.

ಹೀಗೆ, ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಿರುವ ಮೊದಲನೆಯ ತಡೆ. ಇದು ಮೊದಲನೆಯದು, ಆದರೆ ಕೊನೆಯದಲ್ಲ. ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳೂ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದು ಒಮ್ಮತವಿಲ್ಲದೆ ವರ್ತಿಸುವುವು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಕಿರಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ

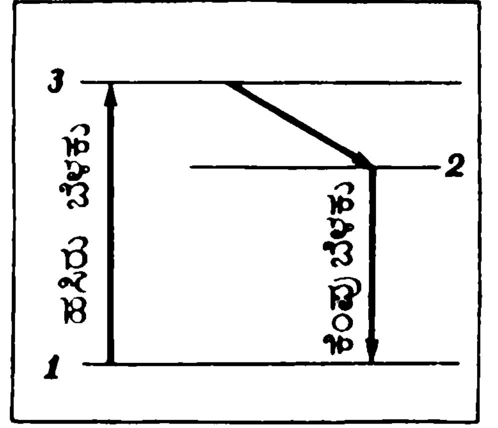
ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ, ತಮ್ಮ ಪ್ರಯಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ಇಲ್ಲದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳ ಕಲಾದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬರುವ ಕಿರಣಗಳು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ನಾಶಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ತರಂಗದ ಡುಬ್ಬವು ಇನ್ನೊಂದರ ಕಣಿವೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಬಂದರೆ ಹೀಗಾಗುವುದು ಎಂದು ನಿಮಗೆ ನೆನಪಿರಬೇಕು.

ಲೇಸರ್ ವಿಸರ್ಜನೆ ಇವೆಲ್ಲ ತೊಡಕುಗಳನ್ನೂ ನಿವಾರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ''ಲೇಸರ್'' ಎಂಬ ಪದದ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ವರ್ಧಿಸುವುದು ಎಂದು.

ಇದಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಮೂಲಾಂಶಗಳಿವೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ವಿಕಿರಣ ಇವೆರಡೂ ಇರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಿ. ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಫೋಟಾನು ಉದ್ರೇಕಗೊಂಡ ಪರಮಾಣು ಒಂದನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಈ ಜಾತಿಯ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಸಂಭವಿಸುವುದೆಂದು ನಾವು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಉದ್ರೇಕ ಶಕ್ತಿಯು ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಗೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಫೋಟಾನು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉದ್ರೇಕವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಹಾಗೂ ಆ ಪರಮಾಣುವು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟ ಒಂದಕ್ಕೆ ಇಳಿದು ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದು. ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಮಹತ್ತರವಾದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ ಈ ಹೊಸ ಫೋಟಾನು ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಕಲಾ ಮತ್ತು ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅದನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದ ಫೋಟಾನಿನಂತೆಯೇ ಇರುವುದು.

ಈ ಭಾವನೆಯ ಎರಡನೆಯ ಅಂಶವು ಹೀಗಿರುವುದು. ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ತಂಡವನ್ನು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿಟ್ಟಿದ್ದು, ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಫೋಟಾನುಗಳಿಗೆ ಕನ್ನಡಿಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಬಲ್ಲ ಕೊನೆಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಆಗ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉದ್ರೇಕಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ (ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಮುಂದಕ್ಕೂ ಓಡಾಡುತ್ತಿರುವ) ಫೋಟಾನುಗಳ ಒಂದು ಗೊಂಚಲನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ಭಾವನೆಯ ಮೂರನೆಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಕಾಲವೂ ಉದ್ರೇಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿರುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿ ಆಮೇಲೆ, ಪಂಪ್‌ಕ್ರಿಯೆಯು ಮುಗಿದನಂತರ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉದ್ರೇಕ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ



ಚಿತ್ರ 1.5

ನಿರ್ಬಂಧ ಪಡಿಸುವುದು. ಈ ಲೇಸರ್ ಭಾವನೆ (ಅಂದರೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆ) ಯನ್ನು ಉಪಕರಣ ರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದರೆ ಕಲ್ಪನಾತೀತವಾದ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಜಾಲ ಒಂದನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದೀತು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಕಿರಣಜಾಲವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಚದರಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅದರ ಲಂಬ ಛೇದದಲ್ಲಿ ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು.

ಆದರೆ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇನೆಂದರೆ: ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸುವುದು? ಅನೇಕ ದಶಕಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಯಾರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. 1930ರ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸೋವಿಯತ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ವಿ.ಎ. ಫಾಬ್ರಿಕಾಂಟ್ ಎಂಬಾತನು ಈ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟನು. ತರುವಾಯ ಎ.ಎಮ್. ಪ್ರೊಕೊರೊವ್ ಮತ್ತು ಎನ್.ಜಿ. ಬಾಸೊವ್ ಎಂಬ ಸೋವಿಯತ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮತ್ತು ಇವರಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಹಾರ್ಡ್ ಟೌನ್ಸ್, ಇವರುಗಳು ಪಟ್ಟುಹಿಡಿದು ನಡೆಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಲೇಸರ್‌ಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಒಯ್ದಿತು. ಮೂವರಿಗೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕ ಲಭಿಸಿತು.

ಒಂದು ವ್ಯೂಹವು ಎರಡು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹು ಸಂಖ್ಯೆಯವು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವುವು. ತಾಪೀಯ ಧಕ್ಕೆಗಳು ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಮಟ್ಟಿಗೆ

ವರ್ಗಾಯಿಸಬಲ್ಲವು. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲಕ್ಕಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅಣುವು ಉದ್ರೇಕವಿಲ್ಲವಾಗಿ ಇರುವುದು. ಈ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕವು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೇ ತಾವೇ ಹೋಗುವುವು. ನಿಜ, ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಉದ್ರೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯುವುವು ಮತ್ತು ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು. ಆದರೆ, ಇವು ಅಪರೂಪವಾದ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳು ಏಕೆಂದರೆ, ಉದ್ರೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಣಗಳು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ (ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಗಳೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಆಕ್ರಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುವು), ಮತ್ತು ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಗಿಂತಲೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಚಿತ್ರ 1.5ರಲ್ಲಿ (37ನೇ ಪುಟ ನೋಡಿ) 1, 2 ಮತ್ತು 3 ಎಂಬ ಅಂಕೆಗಳಿಂದ ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ಮೂರು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. 1-3 ಎಂಬ ದೂರವು ಹಸುರು ಬಣ್ಣದ ಬೆಳಕಿನ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ, 1-2 ಎಂಬ ದೂರವು ಕೆಂಪುಬಣ್ಣದ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಸರಿಹೊಂದಿವೆ. ಈಗ 3ನೆಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ 2ನೇ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು 2ನೆಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ 1ನೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಸಾವಿರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಹಸುರು ಬಣ್ಣದ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೊಳಪಡಿಸೋಣ. ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೂರನೆಯ ಅಂತಸ್ತಿಗೆ ಹತ್ತುತ್ತವೆ, ಆಮೇಲೆ ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ 2ನೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೋಗಿ ಅಲ್ಲಿಯೇ ನಿಲ್ಲುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ **ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಪರಿವರ್ತನೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸೇರುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಕಲ್ಪನಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು 2ನೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸಿದ್ದೇವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ವ್ಯಾಪಕತ್ವ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ಮಾಡಿದ್ದೇವೆ, ಅದು ಈಗ "ಸಹಜಸ್ಥಿತಿ" ಯಲ್ಲಿಲ್ಲ. ಕೆಳಗಿನ 1ನೆಯ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಿನ 2ನೆಯ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆ ಇರುತ್ತವೆ, ಕೇವಲ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿತವಾದ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಹೀಗಾದರೂ, 2ನೆಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ 1ನೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಉಚಿತವಾದ ಒಂದು ಫೋಟಾನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ 2ನೇ ಮಟ್ಟದ

ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವು ಗ್ರಹಣವಲ್ಲ, ಆದರೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಫೋಟಾನಿನ ನಿರ್ಮಾಣ. 2-1ರಲ್ಲಿ ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಮೊದಲನೆಯ ಫೋಟಾನಿನ ಜೊತೆಗೆ ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಅಂತಹುದೇ ಆದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ 2-1 ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರವಾಹವೇರ್ಪಡುವುದು. ಅವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ವಿಧವಾಗಿದ್ದು, ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಿರಣ ಜಾಲವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು.

ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು ಪಡೆದ ಮೂವರೂ ಉಂಟುಮಾಡಿದ್ದುದೂ ಇದೇ ಕ್ರಿಯಾ ಕ್ರಮವೇ. ಚರಿತ್ರೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಮೊದಲನೆಯದು ಒಂದು ಪದ್ಮರಾಗ (ರೂಬಿ) ಲೇಸರ್. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿರುವ ಮಟ್ಟಗಳ ನಕ್ಷೆಯು ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಿರುವ ಪದ್ಮರಾಗದ ನಕ್ಷೆಯೇ.

ಒಂದು ಲೇಸರನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಲೇಸರನ್ನು ಪಂಪ್ ಮಾಡುವ (ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಒಯ್ಯುವ) ಒಂದು ಉದ್ರೇಕಮೂಲವು ಅವಶ್ಯಕ.

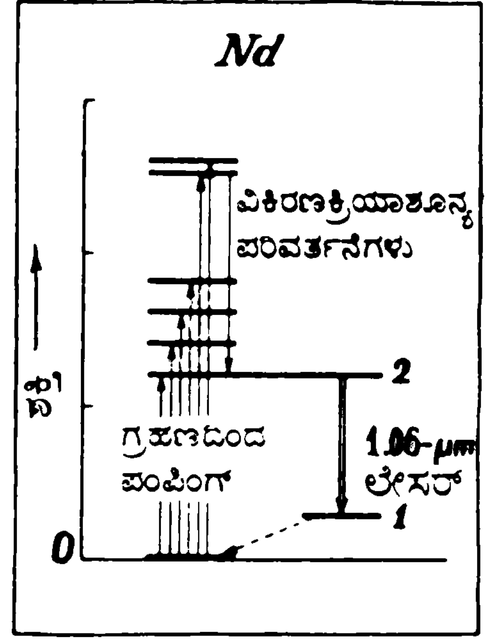
ಲೇಸರ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವು ಒಂದು ಘನಕಾಯವಾಗಿದ್ದರೆ ಆಗ ಅದನ್ನು ಒಂದು ವರ್ತುಲಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ತಳಗಳು ಕನ್ನಡಿಗಳ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವುವು. ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲರೂಪದ ಲೇಸರ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ತಂಭದ ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಗಳಿರುವ ಒಂದು ನಳಿಕೆಯನ್ನು ರಚಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರಿನ ಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸ್ಥಳ ನಿರ್ದೇಶವನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಿ, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಸ್ತಂಭದ ಉದ್ದವನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿ, ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸ್ತಂಭದ ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲಾಗುವಂತಹ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಗಳೂ ಒಂದಾಗುವುದು ಆಗ ಮಾತ್ರ.

ವಿಕಿರಣದ ತೆಳುವಾದ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದೇ ಪ್ರಾಯಶಃ ಲೇಸರಿನ ಮುಖ್ಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಾಗಿದೆ. ಕಾರ್ಯತಃ, ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲವು ಯಾವ ಲಂಬಛೇದವನ್ನಾದರೂ ಹೊಂದಿರಬಹುದು. ಕಿರಣವು ಸಾಕಷ್ಟು ಉದ್ದವಿರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಲೋಮನಾಳದಲ್ಲಿ ಹಾಯುವಂತೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ತಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಲೋಮನಾಳಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕೋನದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು,

ಫೋಟಾನ್ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಅನುರಣನ ಪೊಳ್ಳು (ಅಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಪಂಪಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿಗೂ ಆಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಂದು ದಿಕ್ಕಿಗೂ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುವ ಕನ್ನಡಿಗಳು) ಒಂದೇ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟರ ಕೋನೀಯ ವಿಸ್ತರಣವು ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿಲ್ಲವಿದ್ದರೆ, ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಕಿರಣದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಪೂರಕಯವವನ್ನು ಇಡಲಾಗುವುದು.

ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಕುತೂಹಲವಿದ್ದರೆ, ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣವು ಒಂದು ತೊಡಕಾದ ಯಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನ ಕಾರ್ಯವಾಗುವುದು. ಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸ್ಥಂದವನ್ನು ಮೊದಲು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗುವುದು; ಆಮೇಲೆ ಅದನ್ನು ಮೊದಲನೆಯ ಸ್ತಂಭದಂತೆಯೇ ಆದರೆ ಅದರಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿ ವರ್ಧಕಗಳೊಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಗುವುದು. ಇವುಗಳ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರಗಳಿಗೆ ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ನಮ್ಮ ಆಸ್ಥೆಯಿರುವುದು ಪಂಪಿಂಗ್ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಭೌತಿಕ ತತ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ. ಇವು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳಬಹುದು, ಈಗ ಅತ್ಯಂತ ಅಧಿಕ ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನದ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳನ್ನು ನೀಡುವ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಕಾರ್ಯರೀತಿಯ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ 1.6 ರಿಂದ 1.8 ರವರೆಗಿನ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ನೋಡಿದರೆ ಇದು ವಿಶದವಾಗುವುದು. ಈಗಿನ ಈ ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನವುಳ್ಳ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಚಿತ್ರ 1.6 ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಲೇಸರ್ ಒಂದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಈ ಲೇಸರಿನ ಪ್ರಧಾನ ಭಾಗವು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಮಿಶ್ರಿತವಾಗಿರುವ ಸಾಧಾರಣ ಗಾಜೇ ವಿನಾ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಲೋಹವಲ್ಲ. ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಯಾನುಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಹರಡಿವೆ. ಪಂಪಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪಂಜುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ದೀಪಗಳು 0.5 ಮತ್ತು 0.9 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರಿಗೆ ನಡುವಣ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಒಂದು ಅಗಲವಾದ ತಂಡವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ (ಇಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಐದು ಗೆರೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ). ಪರಮಾಣುಗಳು (ಮೂರು ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲೂ 2 ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸಿರುವ) ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ವಿಕಿರಣ



ಚಿತ್ರ 1.6

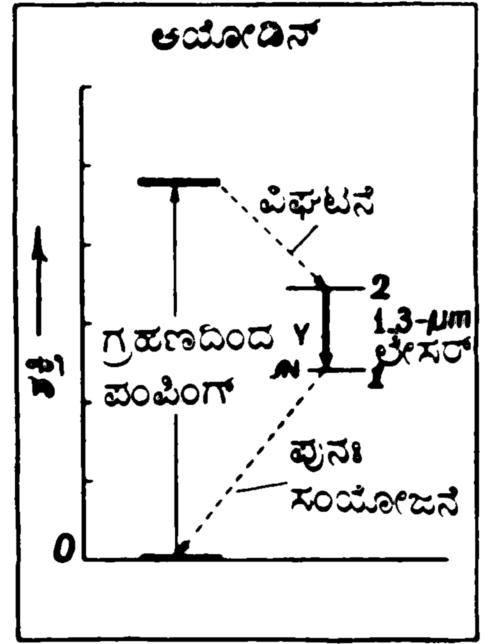
ಶೂನ್ಯ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಿವರ್ತನೆಯೂ ಬೇರೆಯಾದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಮೊತ್ತವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ, ಇದು ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ''ಜಾಲಕ''ದ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಲೇಸರ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು, ಅಂದರೆ 1 ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿರುವ ಕೆಳಗಿನ ಶೂನ್ಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯು, 1.06 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

1ನೆಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಒಡಕು ರೇಖೆಯು ''ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಲ್ಲ'' (ಅಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯು ಅಸಂಸಕ್ತ ವಿಕಿರಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು).

ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಲೇಸರ್‌ನಿಂದ 10^{12} ವಾಟ್‌ಗಳ ವರೆಗಿನ ಭ್ರಾಮಕವಾದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಗಳಿಸಬಹುದು. ಶಕ್ತಿಯು 0.1 ನ್ಯಾನೋಸೆಕೆಂಡ್ ವರೆಗೆ ಉಳಿದಿರುವ ಸ್ಪಂದಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು.

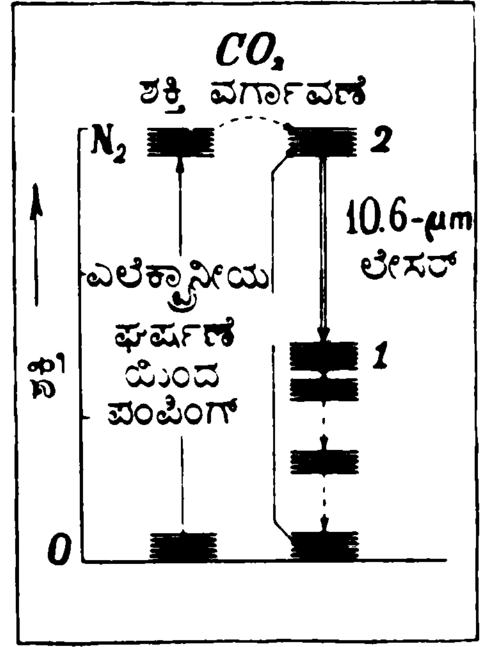
ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಪ್ರತಿಸ್ಪರ್ಧಿಯೆಂದರೆ ಅಯೋಡಿನಿನ ಉದ್ರೇಕಿತ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಬಳಸುವ ಲೇಸರ್ (ಚಿತ್ರ 1.7). ಇಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಪದಾರ್ಥವು C_3F_7I ಎಂಬ ಅನಿಲ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಪಂಪಿಂಗ್‌ಕ್ರಿಯೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪಂಜುಗಳನ್ನು



ಚಿತ್ರ 1.7

ಬಳಸಲಾಗುವುದು, ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಭೌತಿಕ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. 0.25 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ನೀಲಾತೀತ ದ್ಯುತಿಯನ್ನು ಪಂಪಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ವಿಕಿರಣದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಅಣುಗಳ ವಿಯೋಜನ ವೇರ್ಪಡುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿನ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಆಯೋಡಿನ್‌ನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಣುವಿನಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಉದ್ರಿಕ್ತಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ! ಆಕ್ರಮಣ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ವಿಪರ್ಯಸ್ತಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಬೇರೆ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವೆಂದು ವಾಚಕನಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. 2 ⟶ 1 ಎಂಬ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯು 1.3 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಲೇಸರ್ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಇದಾದಮೇಲೆ ಅಯೋಡಿನ್ ಪರಮಾಣುವು ಅಣವಿಕ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಶೇಷದೊಡನೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಹೀಲಿಯಂ-ನಿಯಾನ್ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಬಳಕೆಯನ್ನು ವಾಚಕನು ಪ್ರಾಯಶಃ ಕೇಳಿರಬಹುದು. ಅವುಗಳನ್ನು 1.13 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ತೀವ್ರ ಪ್ರಭೆಯ ರಕ್ತಾತೀತ ಕಿರಣವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಶಕ್ತಿಯ ವಿಚಾರ ದಲ್ಲಿ ಈ ಲೇಸರುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ತಮವಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಾರಜನಕ



ಚಿತ್ರ 1.8

ಮತ್ತು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳ ಮಿಶ್ರಣದೊಡನೆ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವ ಬೇರೆ ಒಂದು ಲೇಸರ್‌ನ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತೇವೆ (ಚಿತ್ರ 1.8).

ಈ ಲೇಸರನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಒಂದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ, ಅದು ಏನೆಂದರೆ: ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣಗಳು ಏಕೆ ಬೇಕಾಗುವುವು? ವಿಷಯ ವೇನೆಂದರೆ, ಕೆಲವು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳೂ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಉದ್ರೇಕ ಹೊಂದುತ್ತವೆ, ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಉದ್ರೇಕ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಮಿಶ್ರಣದೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಜಾತಿಕಣಗಳು ಪಂಪಿಂಗ್ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತವೆ, ಆಗ ಇವು ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಸರದಿಯಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ. ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಅನಿಲಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡು ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಈಗ ಇರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಾರಜನಕ-ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ಸೇರಿ ಹಲವಾರು ಘಟಕಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದು ಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

CO_2 ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿ ಪಂಪಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಕ್ರಮವು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿಸರ್ಜನೆ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ

ತುಂಬಿ, ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಆಗುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸಾರಜನಕದ ಅಣುಗಳ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸುತ್ತವೆ. ಮೇಲಿನ ಅಂತಸ್ತಿಗೆ ಈ ಅಣುವಿನ ಒಂದು ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಪಾತ್ರವಹಿಸಿರುವುದು. ಸಾರಜನಕದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 2. ಎ.ವೋ.

ಸಾರಜನಕದ ಅಣುವು ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಸಾಧಕ ಮಾತ್ರ. ಅದು ತಾನೇ ನೇರವಾಗಿ ಯಾವ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಲಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು CO_2 ಅಣುಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಿ ಅದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಎತ್ತುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಗಳು 2 ಎಂಬುವು CO_2 ಅಣುಗಳ ''ಮೂರನೆಯ ಅಂತಸ್ತಿನ ವಾಸದನೆಲೆಗಳು'', ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಅಣುವಿನ ಜೀವಿತಕಾಲವು ಸುಮಾರು 0.001 ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಅಣುವು ತನ್ನನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಒಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಇರುವ ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು ಸಂಧಿಸುವುದು ಸಂಭವನೀಯವಾಗಿರುವುದು.

''ವಾಸದನೆಲೆಗಳ ನಡುವಣ'' ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ''ಅಂತಸ್ತುಗಳ ನಡುವಣ'' ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು ಪ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿನ ಜೀವಿತಕಾಲಗಳು ಸರಿಸುಮಾರು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಒಂದು ಕೋಟಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪಾಲಿನಷ್ಟಿರುವುವು. ಈ ಅನುಕೂಲಕಾರಿ ಸಂದರ್ಭದಿಂದಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಅಂತಸ್ತಿನ ವಾಸದನೆಲೆಗಳು ಸ್ಥಿರವಾದ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಆಕ್ರಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುವು ಮತ್ತು ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ನಮೂದಿಸಿರುವ ಒಂದು ಯಂತ್ರ ಕಲಾ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು (ಅಂದರೆ ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಡುವೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ದೂರವಿರುವ ಹಾಗೆ ಏರ್ಪಡಿಸಿ) ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಹುದು; ಇದನ್ನು ಮೂರನೆಯ ಅಂತಸ್ತಿನ ಆರನೆಯ ವಾಸದನೆಲೆಯಿಂದ ಎರಡನೆಯ ಅಂತಸ್ತಿನ ಐದನೆಯ ವಾಸದನೆಲೆಗೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಯಾವುದೇ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಉಪಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ನೆಲೆಸಿರುವ ಕಾಲಾವಧಿ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪೂರ್ಣ

ವಿವರಗಳು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಯ ಬಳಿ ಇರಬೇಕು. ಆಗ ಆತನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದ ಅತ್ಯಂತ ಅನುಕೂಲವಾದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವ ಲೇಸರ್ 10.5915 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದು. ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾದಲ್ಲಿ, ಅಣುಗಳು ಕೆಳಗಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗುಂಪು ಕಟ್ಟಲಾಗದಂತಿರಬೇಕು, ಅವು ಅಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡಿ ಹೊರ ಬೀಳಬೇಕೆಂಬುದೇ ಇದರ ಅಭಿಪ್ರಾಯ. ಪಾದರಸದ 1 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ಒಂದು ಅನಿಲ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡಿನ ಅಣುಗಳು ಆ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗುವಾಗ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 100 ಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ನೀರು ಇದ್ದರೆ, ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು 4000 ಮತ್ತು 100000 ಆಗುವುದು, ಇದು ಒಂದು ಭಾರಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ.

ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡಿಗೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಮಿಶ್ರಣಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡು ಉಪಕರಣದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಲೇಸರ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದು ಸ್ವರ್ಣ ಪ್ರಶಸ್ತಿಗೆ ಪಾತ್ರವಾಗುವಂತಹ ಸಾಧನೆ ಎಂದು ತೋರುವುದು.

ಒಂದು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ (CO_2) ಲೇಸರ್ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ 1000 ಕಿ.ವಾ/(ಸೆಂ.ಮೀ)^2 ತೀವ್ರತೆಯೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯಾನೋಸೆಕೆಂಡು (ಇದು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ 10^{-9} ಅಥವಾ ಒಂದು ಕೋಟಿಯ ನೂರನೆಯ ಒಂದು ಭಾಗ ಎಂದು ನಿಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದಷ್ಟೆ) ಸ್ಪಂದನ ಕಾಲವಿರುವ ಸ್ಪಂದಿತ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಕಿ.ವಾ/(ಸೆಂ.ಮೀ)^2 ತೀವ್ರತೆಯೂ ಉಳ್ಳ ಮತ್ತು 0.001 (ಸೆಂ.ಮೀ)^2 ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೇಲೆ ನಾಭಿಗೂಡಿಸಬಹುದಾದ ಒಂದು ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಲೇಸರುಗಳಿಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಒಂದು ವಿಧದ ಕಲೆ. ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಲೇಸರ್ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಹಜ ಜ್ಞಾನ, ಉಪಾಯ ಕೌಶಲ ಮತ್ತು ಜ್ಞಾಪಕಶಕ್ತಿ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಅವಶ್ಯಕ. ಈಗ ಬಳಕೆದಾರನು ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತರ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರಿಂದ ನೂರಾರು ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳವರೆಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳುಳ್ಳ ಲೇಸರುಗಳನ್ನು ಕೇಳಿ ತರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಲೇಸರ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಅಸಾಧಾರಣ ತೀವ್ರತೆ ಮತ್ತು ಸಂಸಕ್ತಶೀಲತೆಯು ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಅನೇಕ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದೆ. ಕಳೆದ ದಶಕದ

ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯು ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಕೈಗಾರಿಕೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿವೆ. ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸಮಾಚಾರವನ್ನೂ ಸಾಗಿಸುವ ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ಪಾದಕಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಶಾಖ-ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಆರಂಭಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ತೀವ್ರವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ಚಿಕಿತ್ಸಾ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ, ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಶಸ್ತ್ರ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗಳ ಶಸ್ತ್ರವೈದ್ಯನ ಕತ್ತಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಉಪಕರಣವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನಾಗಿಯೂ ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಲೇಸರ್‌ನ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಚರ್ಚೆಗೆ ನಾವು ಮುಂದೆ ಪುನಃ ಬರುವುದಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿರುವುದು.

ಸಂದೀಪ್ತಿ

ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣವು ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಗುಣ. ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಯವೂ ತಾಪೀಯ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ತಾಪೀಯ ವರ್ಣಪಟಲವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದುದು ಮತ್ತು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಮೂಲಕ ಚಿತ್ರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ನಮ್ಮ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಕಪ್ಪು ಕಾಯದ್ದಾಗಿತ್ತೆಂಬುದೇನೋ ನಿಜ. ಆದರೆ ಬಣ್ಣದ ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಯು ತತ್ವತಃ ಕಪ್ಪು ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಬಣ್ಣದ ಕಾಯಗಳ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಕೊಂಕಾಗಿರುವುದು. (ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ) ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಮಾನ್ಯ ಏರಿಕೆಯೂ ಮತ್ತು ಉಚ್ಚತಮ ಸ್ಥಾನವು (ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಭುಜಗಳ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಗುರ್ತಿಸಿದ್ದರೆ) ಎಡಗಡೆಗೆ ಸರಿಯುವುದೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮವೇ.

ಎಲ್ಲಾ ವಿಕಿರಣವು ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಮೇಲುಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯೇ ಆಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳ ಉತ್ತೇಜನದ ಕಾರಣಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿರುಹುದು. ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ, ಅದು ಪದಾರ್ಥದ ಕಣಗಳ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳು.

ಆದರೆ ಒಂದು ಕಾಯವು ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಇದು ಒಂದೇ ಕಾರಣವಲ್ಲ. ನಾವು ಈಗ ಚರ್ಚೆಮಾಡಲಿರುವ ಸಂದೀಪ್ತಿಯು ಬೇರೆ ಸ್ವಭಾವದ್ದು.

ಈ ಪದವು ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಗೆ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದ ಅಣುಗಳ ಉತ್ತೇಜಿತವಾಗುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಕಣಗಳ ಉತ್ತೇಜನದ ಕಾರಣಗಳು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವುದು, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಧಕ್ಕೆ, ಘರ್ಷಣೆ, ಇತ್ಯಾದಿಯಾಗಿರಬಹುದು.

ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಸಂದೀಪ್ತಿಗೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಮಾತ್ರ (ಇವುಗಳನ್ನು ಲ್ಯೂಮಿನೋಫಾರ್ಸ್ ಅಥವಾ ರಂಜಕಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ) ಮಿಂಚಿನಂತೆ ಹೊಳೆಯುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವಹಿಸಿವೆ.

ಲ್ಯೂಮಿನೋಫಾರ್ಸ್‌ಗಳನ್ನು ಟೆಲಿವಿಜನ್ ಮತ್ತು ಆಂದೋಲನಲೇಖಕ ಉಪಕರಣಗಳ ಪರದೆಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಆಗ ಸಂದೀಪ್ತಿಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಹೊಡೆತಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಕೆಲವು ಪದಾರ್ಥಗಳು ನೀಲಾತೀತ ವಿಕಿರಣದ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿ ಸಂದೀಪ್ತಿಗೊಳ್ಳುವುವು. ಆಪಾತವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಆಪಾತವಾದ ಶಕ್ತಿಮೊತ್ತವು ವರ್ಣಪಟಲದ ಅದೃಶ್ಯ ಭಾಗದಿಂದ ಬರಬಹುದು ಮತ್ತು ವಿಸರ್ಜಿತ ವಿಕಿರಣವು ದೃಶ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿರಬಹುದು.

ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ನೀಲಾತೀತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಫುರಣದಿಂದ ಸಂದೀಪ್ತಿಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಂದೀಪ್ತಿಶೀಲ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಅಂಶಗಳಷ್ಟರ (ಕೋಟಿಯಲ್ಲಿ ನೂರರ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು, ಅಥವಾ 10^{-9}) ಮಿಶ್ರಣವು ಸಾಕಾಗುವುದು. ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಲ್ಲಿ ಕೆಲ ಸಮಯ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಮಾಪಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಒಂದು ಸಾಧನವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಬೆರಕೆ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಇದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲುದು.

ಹಗಲು ಹೊತ್ತಿನ ದೀಪಗಳ ಆವರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಹಚ್ಚುವುದಕ್ಕೆ ಲ್ಯೂಮಿನೊಫಾರ್ಸ್ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು.

ಸಂದೀಪ್ತಿಯು ಎರಡು ಬಗೆಯಾಗಿರುವುದು: ಪ್ರದೀಪ್ತಿ ಮತ್ತು ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿ. **ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯ** ಅಣುವು ಉದ್ರೇಕಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯದೆಯೇ, ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಣುವು ಉದ್ರೇಕ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, **ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿಯು** ಉದ್ರೇಕವು ಮುಕ್ತಾಯವಾದಮೇಲೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಯಾವಾಗ ಸಂಭವಿಸುವುದೆಂದರೆ, ವ್ಯೂಹವು ಉದ್ರೇಕಗೊಂಡಾಗ ಒಂದು ಸದೃಶ ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೋಗಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಕೆಳಗಡೆಗೆ

ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದರ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಾಗ ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ, ಅಣುವು ಮೊದಲು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ, ಆಮೇಲೆ ಉದ್ರೇಕ ಕಳೆದು ವಿಕಿರಣವು ಏರ್ಪಡುವುದು. ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಮಧ್ಯದ ಯಾವ ಸದೃಶ ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ನಿಲ್ಲದೆ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ.

ಹಲವು ಅರ್ಧವಾಹಕ ದ್ವಿಧ್ರುವಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು *p-n* ಪ್ರದೇಶದ ಗಡಿಯ ಮೇಲೆ ಸಂಭವಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂದೀಪ್ತಿಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳು. ಈ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರ ವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಹೆಚ್ಚಾದ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದು, ಏಕೆಂದರೆ ಅರ್ಧವಾಹಕ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಇದು ಆಧಾರವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಭಾವವು ಏನೆಂದರೆ: ಅರ್ಧ ವಾಹಕದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ರಂಧ್ರವು ಪುನಃ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿ ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದು.

ಇಂತಹ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸಬೇಕಾದರೆ ದ್ವಿಧ್ರುವದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೆಂದರೆ ಹಲವಾರು ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಈಡೇರಿಸುವಂತಹ ಸೂಕ್ತವಾದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯು ವುದು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು *p*-ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕ ಪದಾರ್ಥದೊಳಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಅರ್ಧವಾಹಕದೊಳಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಚುಚ್ಚಿ ನುಗ್ಗಿಸಬೇಕು (ಇದು ಸರಿಯಾದ ಪದವಾದರೆ), ಅಥವಾ ಅದು ಒಂದು *n*-ಮಾದರಿಯ ಹರಳಿನೊಳಕ್ಕೆ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಪಂಪ್‌ಮಾಡಬೇಕು. ಇದು ಒಂದು ಅಗತ್ಯ ಷರತ್ತು, ಆದರೆ ಇತರ ಅಂಶಗಳೂ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟ ಒಂದರಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಒಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ದರ, ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಬಲ್ಲವು. ಅಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳೂ ಅನುಕೂಲವಾಗಿದ್ದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂದೀಪ್ತಿ ಏರ್ಪಡುವ ಸಂದರ್ಭಗಳೂ ಇವೆ.

ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಆರ್ಸೆನೈಡ್ ಎಂಬ ಅರ್ಧವಾಹಕವು ಒಂದು ಉತ್ತಮ ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂದೀಪ್ತಿಶೀಲ ಪದಾರ್ಥ. ಅದು ಸಾಕಷ್ಟು ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು *p-n* ಗಡಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಗಡಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದ್ವಿಧ್ರುವದ ಎರಡು ಛೇದಗಳನ್ನು ಮೆರುಗುಗೊಳಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ಇದು ಒಂದು ಅನುರಣನಕಾರಕ ಪೊಳ್ಳು ಉಂಟಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ರಂಧ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪುನಃ ಸಂಯೋಜನೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಸಮಕಲಾತ್ಮಕವಾಗಿವೆ ಮತ್ತು

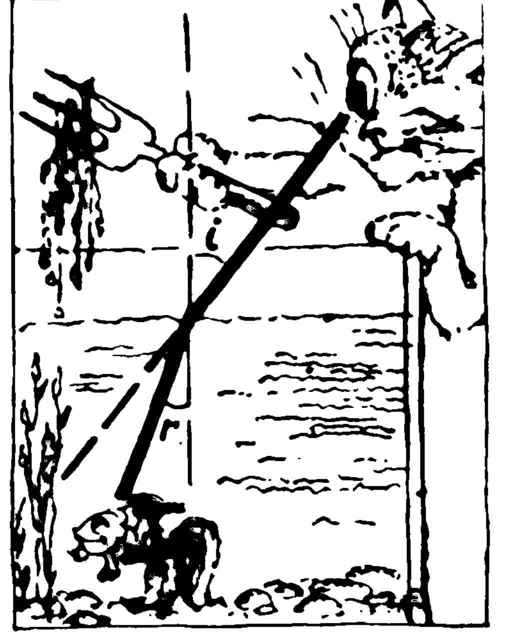
ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳದ್ದಾಗಿರುವಾಗ, ವಿಕಿರಣವು ಅತಿಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ್ದಾಗಿಯೂ ಉತ್ತಮ ಮಟ್ಟದ ಸದಿಶ ಗುಣವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಪರಿಣಾಮಗಳೊಡಗೂಡಿದ ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ.

ಅರ್ಧವಾಹಕ ಲೇಸರ್‌ಗಳು ನೀಲಾತೀತದಿಂದ ದೂರದ ರಕ್ತಾತೀತವರೆಗಿನ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇವು ವಿವಿಧ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

2. ದ್ಯುತೀಯ ಉಪಕರಣಗಳು

ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ (ಪ್ರಿಜಮ್)

ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಬಳಸಲ್ಪಡುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಂಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ತೀವ್ರವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗುತ್ತಿವೆಯೆಂದರೆ, ಒಬ್ಬ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾರ್ಮಿಕನು ಒಂದೆರಡು ದಶಕಗಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಶೋಧನಾ ಕಾರ್ಯದಿಂದ ವಿಮುಖನಾಗಿದ್ದರೆ, ಆತನು ಪುನಃ ಮೊದಲಿನಿಂದ ವ್ಯಾಸಂಗವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಇಂದು ಮತ್ತು ಬಹುಶಃ ದೂರದ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿಯೂ ಆತನು ತನ್ನ ಹಳೆಯ ಗೆಳೆಯರಾದ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ (ಪ್ರಿಜಮ್) ಮತ್ತು ಮವ ಇವುಗಳನ್ನು ಭೇಟಿ ಮಾಡುವನು. ಈ ಪಾರದರ್ಶಕ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಪಾಲಿಸುವ ಸರಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಪಾರದರ್ಶಕತ್ವವೆಂಬುದು ಒಂದು ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಭಾವನೆ. ಕೆಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಮರ ಮತ್ತು ಜಲ್ಲಿಗಾರೆ ಕೂಡ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರುವುವು. ಒಂದು ಕಿರಣವು, ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಬಲ್ಲ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಕಾಯ ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳ ತರಂಗರೂಪವು ಅನ್ವಯವಾಗುವವರೆಗೂ ಸರಳವಾಗಿಯೇ ಇರುವುವು. ಇವು ಯಾವುವೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ **ಪ್ರತಿಫಲನದ ನಿಯಮ** (ಆಪಾತದ ಕೋನವು ಪ್ರತಿಫಲನದ ಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು) ಮತ್ತು **ವಕ್ರೀಕರಣದ ನಿಯಮ**. ಒಂದು ದ್ಯುತಿಯ ಕಿರಣವು ಎರಡು ಮಾಧ್ಯಮಗಳ ನಡುವಣ ಮೇರೆ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಅದು ತನ್ನ ಸರಳರೇಖಾತ್ಮಕ ಪಥದಿಂದ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ನೆನಪಿದೆಯಷ್ಟೆ. ಆಪಾತದ ಕೋನ i ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಣದ ಕೋನ r ಇವು



ಚಿತ್ರ 2.1

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

ಎಂಬ ನಿಯಮದ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ.

ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಲೈಡನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ವಿಲ್ಲಿಬ್ರಾಡ್ ಸ್ನೆಲ್ಲಿಯಸ್ ಅಥವಾ ಸ್ನೆಲ್ (1591-1626) ಎಂಬಾತನು ಬಹಳ ಜಾಗರೂಕವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದನು. ಪಾರದರ್ಶಕ ಕಾಯಗಳೊಡನೆ ಬೆಳಕಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ವರ್ಣಿಸಿರುವ ಆತನ ಉಪನ್ಯಾಸ ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿನ ವಿಷಯಗಳು ಯೂರೋಪಿನ ವಿದ್ವಾಂಸರ (ಆಗಿನ ಕಾಲಕ್ಕೆ) ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಲಯಕ್ಕೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿದ್ದಿತು.

ರೀನಿ ಡೆಕಾರ್ಟೆಸ್‌ನ (1596-1650) **ಡಿಸ್ಕೋರ್ಸ್ ಡಿ ಲಾ ಮೆಥೊಡೆ** (1637) ಎಂಬ ಲೇಖನವನ್ನು ಆತನ ಸಮಕಾಲೀನರು ಅಲ್ಲಗಳೆದಿದ್ದಕ್ಕೆ ಬಹುಶಃ ಇದೇ ಕಾರಣವಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಡೆಕಾರ್ಟೆಸ್ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವಾದಟಿಂದ ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ''ಸಾಧಿಸಿ''ರುವುದಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ಡೆಕಾರ್ಟೆಸ್‌ನ ಮಬ್ಬಾದ ಶಬ್ದಬಾಹುಳ್ಯವು ಆತನ ಸಹಾಧ್ಯಾಯಿಗಳ ಮೆಚ್ಚಿಗೆ ಗಳಿಸಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಆತನ ಪ್ರಬಂಧವು

ಸರಿಯಾದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಹಿಡಿತೆಯುವದಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಮಾಧಾನಕೊಡಲಾಯ್ತು: ಆತನು ತಾನು ಮೊದಲೇ ಪಡೆದಿದ್ದ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದುವಂತೆ ತರ್ಕ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುವನು ಎಂದು. ಹೀಗಾಗಿ ಡೆಕಾರ್ಟೆಸ್ ಕೃತಿಚೌರ್ಯದ ಅಪಾದನೆಯನ್ನು ಸಹ ಹೊರಬೇಕಾಯ್ತು.

ಏನೇ ಆಗಲಿ, ಆತನ ಸಮಕಾಲೀನರ ಸಂದೇಹವಾದಿ ಮನೋಭಾವಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಯಶಃ ನಾವು ಹಿಗ್ಗಬಹುದು. ಒಂದು ದುರ್ಬಲವಾದ ಬಲೆಯ ಮೇಲೆ ಎಸೆದ ಒಂದು ಚೆಂಡನ್ನು ಡೆಕಾರ್ಟೆಸ್ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಾನೆ. ಚೆಂಡು ಬಲೆಯನ್ನು ಕಡಿದುಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ತನ್ನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಅರ್ಧವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆಗ ಚೆಂಡಿನ ಚಲನೆಯು ಮಾಧ್ಯಮವಾದರಿಂದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿದ್ದುದಕ್ಕಿಂತ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗುವುದು ಎಂದು ಆ ಮಹಾ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಬರೆಯುತ್ತಾನೆ. ಇದರ ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥವೇನೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಕಷ್ಟವೇ ಸರಿ. ಡೆಕಾರ್ಟೆಸ್ ಹೇಳಬೇಕೆಂದಿದ್ದ ಅಭಿಪ್ರಾಯವು ಪ್ರಾಯಶಃ ಹೀಗಿರಬಹುದು: ಚೆಂಡಿನ ವೇಗದ ಕ್ಷಿತಿಜದಿಕ್ಕಿನ ಘಟಕವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಆದರೆ ಊರ್ಧ್ವದಿಕ್ಕಿನ ಘಟಕವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಬಲೆಯು ಚೆಂಡಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ತಡೆಯುವುದು ಆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ.

ಆದರೆ ಈಗ ವಕ್ರೀಕರಣದ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ.

ಚಿತ್ರ 2.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ i ಮತ್ತು r ಎಂಬ ಕೋನಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಲಂಬರೇಖೆಯ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಅಳೆದು ಗುರುತುಮಾಡಲಾಗುವುದು. ವಕ್ರೀಕರಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕ (ಅಥವಾ ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕ) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ n ಎಂಬ ಈ ಪರಿಮಾಣವು ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿದೆ. ದ್ಯುತೀಯ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದೊಳಕ್ಕೆ ವಾಯುವಿನಿಂದ (ಅಥವಾ, ನಾವು ಶುದ್ಧ ಪಂಡಿತ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ್ದರೆ, ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ) ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಆಪಾತ ಕಿರಣದ ಬಗ್ಗೆ ವಕ್ರೀಕರಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ಒಂದು ಕೋಷ್ಟಕ ತಯಾರು ಮಾಡಿಡುವುದು ಅನುಕೂಲಕರ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕರಣದ ಕೋನವು ಆಪಾತದ ಕೋನಕ್ಕಿಂತ ಯಾವಾಗಲೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕವು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ (ಸಂಖ್ಯೆ) ದೊಡ್ಡದಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಮಾಧ್ಯಮದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋದರೆ ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕವು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಅದು ವಜ್ರಕ್ಕೆ 2.4 ಮತ್ತು ನೀರ್ಗಲ್ಲಿಗೆ 1.3 ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕಗಳ ಕೋಷ್ಟಕ ಒಂದನ್ನು ನಾನು ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅಂಕಿಅಂಶಗಳು ಯಾವ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ವಕ್ರೀಕರಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕವು ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಈ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲವಾಗಿ ವಿಭಜಿಸುವ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳ ಕಾರ್ಯ ರೀತಿಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ **ವಿಕ್ಷೇಪಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಬೆಳಕು ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾಧ್ಯಮದೊಳಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಆಂತರಿಕ ಪ್ರತಿಫಲನವು ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕವು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಆಪಾತದ ಕೋನವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ, ವಕ್ರೀಕರಣದ ಕೋನವು 90° ಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. $\sin r = 1, \sin i = n$ ಆದಾಗ ಬೆಳಕು ಎರಡನೆಯ ಮಾಧ್ಯಮದೊಳಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಸಂಘಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಸಂಪೂರ್ಣ ಆಂತರಿಕ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಕೋನವು 49°ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಿರಣವು ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬದಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಮತಲದ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕು ವಕ್ರೀಕರಣ ಹೊಂದುವುದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಮತ್ತು ಒಂದು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣ ಒಂದನ್ನು ತಿರುಗಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ದ್ಯುತಿಕಿರಣದ ತಿರುವಿನ ಕೋನ Dಗೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ವಾಚಕನು ಜ್ಞಾಪಕಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇಚ್ಛಿಸಿದರೆ, ಅದನ್ನು ಒಂದು ಶಾಲಾ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಅದನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಕೆಲವೇ ವಿಷಯಗಳು ಬೇಕಾಗುವುದು, ಆದರೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ದಪ್ಪನಾಗಿರುವ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗೆ ಮತ್ತು ಕಿರಣವು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗುವ ಕೋನದ ಯಾವುದೇ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕಾಗಲಿ ಇದನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಬಹಳ ಶ್ರಮಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವುದು. ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯು ತೆಳುವಾಗಿದ್ದರೆ, ಮತ್ತು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಕಿರಣದ ಆಪಾತ ಕೋನವು ಸಮಕೋನದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಸೂತ್ರವು ಲಭಿಸುವುದು. **ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ**

$$D = (n - 1)\, p$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ *p* ಎಂಬುದು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಮುಖಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನ.

ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಒಂದು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಬಿಳಿಯ ದ್ಯುತಿಯು ಏಕವರ್ಣೀಯವಲ್ಲ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳ ಕಿರಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ ಎಂದು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ತೋರಿಸಿದನು (ಇದು ಹದಿನೇಳನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ). ನೇರಳೆಬಣ್ಣದ ಕಿರಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಮಾಣದ ಬಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಮತ್ತು ಕೆಂಪುಬಣ್ಣದ ಕಿರಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಪರಿಮಾಣದ ಬಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ ನಾವು ನೀಲಾತೀತ ಮತ್ತು ರಕ್ತಾತೀತ ಕಿರಣಗಳು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆಯೇ ಹೊರತು ನೇರಳೆಬಣ್ಣದ ಕೆಳಗಿನದು ಮತ್ತು ಕೆಂಪುಬಣ್ಣಕ್ಕೆ ಮೀರಿದುದು ಎಂದು ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ.

ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯವು ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ 1672ರಲ್ಲಿ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿರೂಪಣೆಯು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೂ, ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು. ಆತನ ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರತಿಭೆ ಇರುವುದು ಇದರಲ್ಲಿಯೇ. ವಿಷಯಗಳ ಚರ್ಚೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒದ್ದಾಡಿ ಸಾಗುವುದು ಸುಲಭದ ಕೆಲಸವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಆ ಜ್ಞಾನಸಾಗರದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ತೋಡಿ ಅಗೆದ ಮೇಲೆಯೇ. ಆತನು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಊಹಾ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂದೂ ಆಶ್ವಾಸನೆ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದರೂ (ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ವಚನ: ''ಹೈಪಾಥಿಸಿಸ್ ನಾನ್ ಫಿಂಗೊ'' ಅಥವಾ ''ನಾನು ಊಹಾ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ'') ತನ್ನ ಆಶ್ವಾಸನೆಯನ್ನು ಆತನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ''ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಕಿರಣವು ಅದರ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಭಾಗ'' ಇವೇ ಮುಂತಾದ ಅನೇಕ ಸ್ವತಃಸಿದ್ಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಮತ್ತು ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶಗಳೂ ಆಧುನಿಕ ಕಿವಿಗೆ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು.

ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕವು ಈಗಲೂ ಪರಮಾಧಿಕಾರವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯು ಇದರ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಗ ಭಾಗ. ಪದಾರ್ಥವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವಿಕ್ಷೇಪಕ ಗುಣವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕದ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳು ಸ್ಫಟಿಕಶಿಲೆ, ಫ್ಲೂರೈಟ್ ಮತ್ತು ಕಲ್ಲುಪ್ಪು ಇವುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಡುವುವು. ವಿಭಜಿಸಲ್ಪಡಲಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರವೇಶಕಾರಿ ಯವದ ಪ್ರಧಾನ ನಾಭಿ ಸಮತಲದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಕಿಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಸಮಾಂತರ

ವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಜಾಲವು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವುದು. ಬೇರೆಬೇರೆ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಎರಡನೆಯ ಅಥವಾ ನಿರ್ಗಮ ಯವವು ಒಂದೇ ವಿಧದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ನಾಭಿ ಸಮತಲದ ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುತ್ತವೆ. ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಬರಿಯ ಕಣ್ಣಿನಿಂದಲೇ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಮಸುಕು ಗಾಜಿನ ತುಂಡೊಂದು ಬೇಕಾಗುವುದು. ವರ್ಣಪಟಲದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನೂ ತೆಗೆಯಬಹುದು.

ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ಅಭಿಲೇಖಕಗಳ ಮೂಲಕ ದಾಖಲು ಮಾಡಿಡಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ ಅಥವಾ ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಯುಗ್ಮದಂತಹ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಗ್ರಾಹಕವು ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಗ್ರಾಹಕವು ದ್ಯುತಿ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದ ಸೂಜಿಯನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಗ್ರಾಹಕದ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗವು ಒಂದು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಬಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಬಾಗಿದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸಿಕ್ಕಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸೂಚಿಯು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗದೊಡನೆ ಬಿಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳುವ ಒಂದು ಕಾಗದದ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ದಾಖಲಿಸುತ್ತದೆ.

ಯವ (ಲೆನ್ಸ್)

ಯವಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮಗ್ರ ಕೈಗಾರಿಕೆಯೇ ತೊಡಗಿದೆ. ಇವುಗಳು ಎರಡು ಗೋಳಾಕಾರದ, ಅಥವಾ ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ್ದೂ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಸಮತಲವಾದದ್ದೂ ಆಗಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಹೊಂದಿರುವ ಪಾರದರ್ಶಕ ಕಾಯಗಳು. ಅಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳು ಯಾವ ಗಾತ್ರದವುಗಳಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಕೆಲವು ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ನಾಣ್ಯದ ಪ್ರಮಾಣದ ಯವಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುವು, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವುಗಳಲ್ಲಿ (ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ) ಹಲವಾರು ಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ಯವಗಳಿರುತ್ತವೆ. ದೊಡ್ಡ ಯವಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯು ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಕುಶಲ ಕಲೆ, ಏಕೆಂದರೆ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಒಂದು ಯವವು ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ತೆರನಾದದ್ದಾಗಿರಬೇಕು.

ಯವ ಎಂದರೆ ಏನು ಎಂಬುದು ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವಾಚಕನಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವುದು.

ಒಂದು ಮಸೂರದ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳೇನು ಎಂಬುದೂ ಪ್ರಾಯಶಃ ತಿಳಿದಿರಬಹುದು. ಮಸೂರವು ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ವರ್ಧಿಸುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಾಭಿಗೂಡಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ (ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವ) ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಜಾಲದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಮಸೂರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಒಂದು ಕಾಗದದ ಚೂರು ಉರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ಮಸೂರವು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಅದರ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ (ನಾಭಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ) "ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುತ್ತದೆ".

ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದುಗೂಡುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಬಿಂದುರೂಪದ ದ್ಯುತಿಮೂಲ ಒಂದನ್ನು ಮಸೂರದ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಮಸೂರವು ಒಂದು ಸಮಾಂತರ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಕ್ರೀಕರಣ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಸರಳ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ತರ್ಕಕ್ರಮಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಬಿಂದುವು ಮಸೂರದ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿರದೆ, ಮಸೂರದ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ a ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಆಗ ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳು a' ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ದೂರಗಳು ಸುಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ

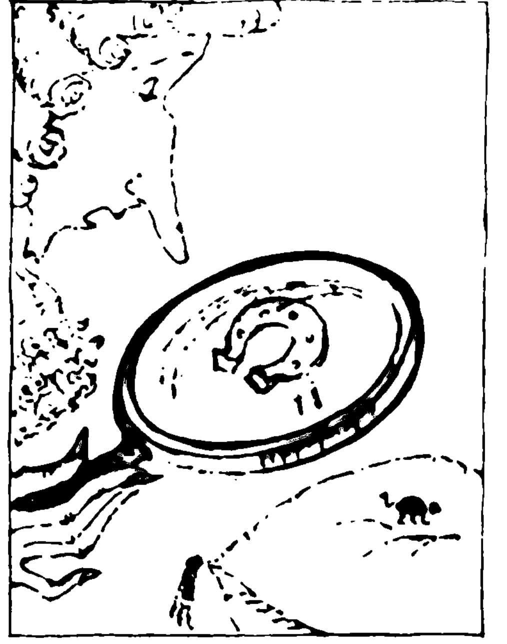
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ f ಎಂಬುದು ಮಸೂರದ ನಾಭಿ ದೂರ.

ನಾಭಿ ದೂರದ ಎರಡರಷ್ಟಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳು ನಾಭಿಗೂ ಮತ್ತು ನಾಭಿ ದೂರದ ಎರಡರಷ್ಟು ದೂರದ ಬಿಂದುವಿಗೂ ಮಧ್ಯೆ ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿರುವ ಮತ್ತು (a'/a ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿ) ಸಂಕೋಚಪಡಿಸಿದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ವಸ್ತುವನ್ನು ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳ **ಉತ್ಕ್ರಮಣತಾ ತತ್ವ**.

ಒಂದು ಮಸೂರವನ್ನು ವರ್ಧನೆಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ವಸ್ತುವು ಮಸೂರ ಮತ್ತು ಅದರ ನಾಭಿ ಬಿಂದು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ವಸ್ತುವು ಇರುವ ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 2.2

ಒಂದು ಆವರ್ಧಕ ಯವಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಹಿಂದಿನ ಎರಡು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೀಗಿರುವುದು: ಒಂದು ಆವರ್ಧಕ ಯವವು ಒಂದು ಕಲ್ಪಿತ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ವಸ್ತುವಿನ ಇತರ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೋ ಒಂದು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ನೋಡಬಹುದಾದಂತಹ ಅಥವಾ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ತೆಗೆಯಲಾಗುವಂತಹ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಅವು ನಿಜವಾದವು ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ನ್ಯಾಯಸಮ್ಮತ.

ಒಂದು ಆವರ್ಧಕ ಯವದ ನಾಭಿ ದೂರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅದರ ಆವರ್ಧಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಆವರ್ಧಕದ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಮಿತಿಯು ಸಾಧಾರಣ ಮಟ್ಟದ್ದಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು: ಒಂದು ಕಲ್ಪಿತ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣುವ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ವಸ್ತುವನ್ನು ಬರಿಯ ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ನೋಡುವ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ ಪ್ರಮಾಣದ 20 - 30 ಸಲಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವರ್ಧಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಹಲವಾರು ಅನಿವಾರ್ಯವಾದ ದೋಷಗಳಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅನೇಕ ದ್ಯುತಿಯ ಉಪಕರಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೂಪದವುಗಳಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದುವು ಮತ್ತು ಒಂದೊಂದೇ ಯವಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತಿದ್ದುವು. ಬಿಳಿಯ ದ್ಯುತಿಯ ಒಂದು ಸಮಾಂತರ ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಂದು ಯವದ ಮೂಲಕ ಒಂದೇ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ನಾಭಿಗೂಡಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡ

ಬೇಕೆಂಬುದು ನಮ್ಮ ಆಶಯ. ಆದರೆ ವಿಕ್ಷೇಪಣವು ಇದಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆ ಒಡ್ಡುತ್ತದೆ. ಬೇರೆಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳ ಫೋಟಾನುಗಳು ಮಸೂರದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಮಸೂರದ ಅಕ್ಷದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹರಡಿರುವ ಬಣ್ಣದ ರೇಖೆಯೊಂದು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ **ವರ್ಣೀಯ ಅಪಸರಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಇನ್ನೊಂದು ತೊಂದರೆ ಏನೆಂದರೆ **ಗೋಳಾಪಸರಣ**. ಮಸೂರದ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಕಿರಣಗಳು, ಅಕ್ಷದಿಂದ ಇನ್ನೂ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಪಥಗಳ ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ನಾಭಿಗೊಳ್ಳುವುವು.

ಇದು ಅಲ್ಲದೆ, ಮಸೂರದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ದೊಡ್ಡ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾಗುವ ಕಿರಣಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಒಮ್ಮೊಮ್ಮೆ ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ತನ್ನ ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಕದಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಹೊಳೆಯುವ ಒಂದು ಬೆಳಕ್ಕಿಯು ಕಾಣುವುದು. ಬಾಲದಂತಹ ಒಂದು ಭಾಗವು ಇದಕ್ಕೆ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು **'ಕೋಮ'** ಎಂದು ಹೇಳುವರು. "ಕೋಮ" ಎಂಬ ಪದವು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಿಂದ ಅನುವಾದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು "ಹಾರಾಡುತ್ತಿರುವ ಕೂದಲು" ಅಂತಹ ಯಾವುದಾದರೊಂದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ.

ಒಂದೇ ಒಂದಾದ ಮಸೂರವನ್ನು ಬಾಧಿಸುವ ವಿಕೃತಿಗಳ ಪಟ್ಟಿಯು ಇಲ್ಲಿಗೆ ಮುಗಿಯಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಸಮಚತುರ್ಭುಜವನ್ನು ನಾವು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಒಳಗಡೆಗೆ ಬಾಗಿರುವ ಬಾಹುಗಳ ಆಕಾರವಿರುವ ಶೃಂಗಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಒಂದು ಚತುರ್ಭುಜಾಕೃತಿಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇದು ಏಕೆಂದರೆ, ಸಮಚತುರ್ಭುಜದ ಶೃಂಗಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಪಕ್ಕಗಳ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುಗಳಿಂದಲೂ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳು ಬೇರೆಬೇರೆ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕರಣ ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

ದ್ಯುತೀಯ ಉಪಕರಣಗಳ ನಿರ್ಮಾತೃಗಳನ್ನು ಕಾಡಿಸುವ ಮಸೂರದ ಮತ್ತೊಂದು ದೋಷವನ್ನು **ಅಸ್ಟಿಗ್ಮ್ಯಾಟಿಜಮ್** ಅಥವಾ **ಅಸಮ ದೃಷ್ಟಿ** ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಒಂದು ಬಿಂದುವು ಮಸೂರದ ಮುಖ್ಯ ದ್ಯುತೀಯ ಅಕ್ಷದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಆದರ್ಶ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಗೆ ವಿಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎರಡು ಪಟ್ಟಿಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನೂ ಇತರ ವಿಕೃತಿಗಳು ಇವೆ. ಮಸೂರಗಳ ತಯಾರಿಕೆ ಪ್ರವೀಣರು ಎಲ್ಲಾ

ವಿಧಗಳ ವಿಕೃತಿಗಳನ್ನು ಏಳು ಮೂಲಭೂತ ವಿಧಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುವರು. ನಾವು ಐದನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸೂಚಿಸಿದ್ದೇವೆ.

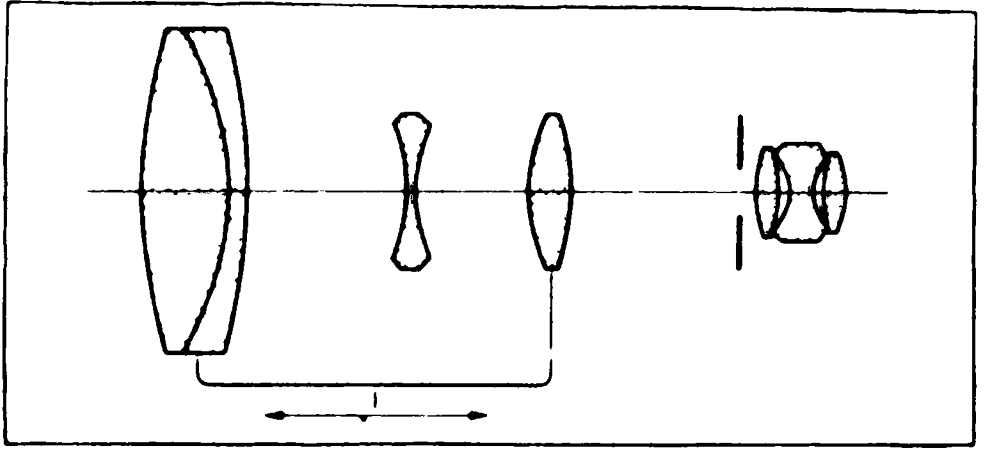
ತಂತ್ರ ಕಲೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಏರ್ಪಡುವಂತೆ, ಒಂದು ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಯವವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದು ಕೂಡ ಒಂದು ಹೊಂದಿಕೆ (ಮಧ್ಯವರ್ತಿ) ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ ವಾಗುವುದು. ಯವದ ಗಾತ್ರ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಜಾಸ್ತಿ ಮಾಡಿದರೆ ವಿರೂಪ, ವಿಕೃತಿಗಳು ಜಾಸ್ತಿಯಾಗುವುವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಪ್ರದೀಪ್ತಿ (ಅಂದರೆ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಮೇಲಿನ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ಯವದ ವ್ಯಾಸದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ (ಅಂದರೆ, ಅದರ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೆ) ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಯವವು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವು ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ನಾಭಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ನಾಭಿ ದೂರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅರ್ಥಾತ್, ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಬರುವ ದ್ಯುತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ಸಣ್ಣದಾದ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೇಲೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯು ನಾಭಿದೂರಕ್ಕೆ **ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿ** ಇರುವುದು.

ಈ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಯವದ ವ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಅದರ ನಾಭಿ ದೂರ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತದ ವರ್ಗವನ್ನು ಯವದ **ದ್ಯುತಿ ದ್ವಾರದ ಅನುಪಾತ** ಎಂದು ಹೇಳುವರು.

ದಪ್ಪನಾಗಿರುವ ಯವಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ನಾಭಿ ದೂರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಯವಗಳು ಸಣ್ಣ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳುಳ್ಳವು. ಆದರೆ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವಿಕೃತಿಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಯವಗಳು ಇವುಗಳೇ. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ಒಂದು ಯವದ ದ್ಯುತಿದ್ವಾರದ ಅನುಪಾತವನ್ನು (ಅದರ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅದರ ವಕ್ರತೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನಾಗಲಿ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ) ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಹೆಚ್ಚು ಕೆಡುತ್ತದೆ. ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಮತ್ತು ನಿರ್ಮಾತೃಗಳು ಎದುರಿಸಬೇಕಾದ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಸುಲಭವಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಿ (ಕ್ಯಾಮರಾ)

ಅದರ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಿಯು ಒಂದು ಕತ್ತಲೆ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿನ ಗವಾಕ್ಷದ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿರುವ ಒಂದು ಯವ. ಯವದಿಂದುಂಟಾಗುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು



ಚಿತ್ರ 2.3

ಗವಾಕ್ಷದ ಎದುರುಗಡೆ ಇರುವ ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರದ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಮುದ್ರಿತವಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಸರಳ ಯವವು ಯಾವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನಾದರೂ ವಿರೂಪಗೊಳಿಸುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಏರ್ಪಡುವ ದ್ವಿತೀಯ ದೋಷಗಳಿಲ್ಲದಂತೆ ನಿರ್ಮಿಸಿರುವ ಯವಗಳ ಒಂದು ತಂಡವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಯವಗಳ ತಂಡಕ್ಕೆ **ಛಾಯಾಚಿತ್ರದ ಯವ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಈಗ ಪ್ರಶ್ನೆ ಏನೆಂದರೆ ನಾವು ಸೂಚಿಸಿರುವ ವಿಕೃತಿಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಹಿಂದೆಯೇ ಸೂಚಿತವಾಗಿದ್ದ ಒಂದು ಉಪಾಯದ ಭಾವವು ಹೀಗಿತ್ತು: ಪ್ರತಿ ಒಂದರ ದೋಷಗಳು ಮತ್ತೊಂದರ ದೋಷಗಳಿಂದ ನಿವಾರಿಸಲ್ಪಡುವಂತಹ ಒಂದು ಯವಗಳ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು. ಎರಡು ಋಣ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಒಂದು ಧನ ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಈ ತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಏಳು ವಿಧದ ಎಲ್ಲಾ ದೋಷಗಳನ್ನೂ ಮೂರೇ ಯವಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರಿಹರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಮೂಲತತ್ವವೇನೋ ಇದೇ. ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠವಾದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾದ ಸಂಯೋಜನೆಗಳು ಆವಶ್ಯಕ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು (ಅದು ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕಾದುದೇನು ಅಲ್ಲ) ಚಿತ್ರ 2.3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಒಳಬಾಗಿನ ಮತ್ತು ಹೊರಬಾಗಿನ ಯವಗಳ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ವರ್ಧನೆಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಾದರೂ

ವಿರೂಪವಿಲ್ಲದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲುದು. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಅಂಗಭಾಗಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಚಲಿಸಬಲ್ಲವು, ಇದರಿಂದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಪಡಿಸಬಲ್ಲ ಮೂರುಮಡಿಯ ನಾಭಿ ದೂರವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಿಯನ್ನು "ನಾಭೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೆ" ಒಂದು ಸರಳ ರೂಪದ ಸಲಕರಣೆಯು ಅವಶ್ಯಕ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಯವದ ಕೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ಪೊರೆ (ಫಿಲ್ಮ್) ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರುಕಲಾಗುವಂತಹ ರಾಗಮಾಲಿಕೆಯ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರುವ ಹಳೆಯ ಕ್ಯಾಮರಾಗಳನ್ನು ನಾವು ಆಗಾಗ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ಕ್ಯಾಮರಾಗಳೂ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಲೇಬೇಕು.

ನಿಮ್ಮ ಅಂಗೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿಸುವ ಆಧುನಿಕ ಕ್ಯಾಮರಾದಲ್ಲಿ ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಇನ್ನೂ ನಾಜೂಕಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗುವುದು. ಯವದ ಧಾರಕವನ್ನು ಸುರುಳಿ ಆಕಾರ ದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಸ್ವಲ್ಪ ತಿರುಗಿಸುವುದು. ಯವದ ದ್ಯುತಿದ್ವಾರದ ಅನುಪಾತದ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವಂತೆ, ಕ್ಯಾಮರಾದ ಕಣ್ಣುಕಿಂಡಿಯನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟೂ ಕಿರಿದು ಮಾಡಿದಷ್ಟೂ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಶ್ರೇಷ್ಠತೆಯು ಉತ್ತಮಗೊಳ್ಳುವುದು. ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸಬಲ್ಲ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಒಂದು ಮಧ್ಯಪಟದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಇದನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಆದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಣ್ಣದಾಗಿಯೂ, ಆದರೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒಡ್ಡು ಕಾಲ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಳ್ಳೆಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವುಂಟಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಬೆಳಕನ್ನು ಒಳಗೆ ಬಿಡುವ ಹಾಗಿರು ವಂತೆಯೂ ಇರುವ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

ಛಾಯಾಚಿತ್ರಕಲೆಯು ಇನ್ನೂ ತನ್ನ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ತೆಗೆದ ಹಳೆಯ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳು ಏಕೆ ಅಷ್ಟು ಕೃತಕವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಬಿಗುವಾಗಿಯೂ ಕಾಣುತ್ತವೆ ಎಂದು ನೀವು ಯಾವಾಗಲಾದರೂ ಯೋಚಿಸಿರುವಿರಾ? ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಸರಳ: ಛಾಯಾಚಿತ್ರಕಾರನು ದೀರ್ಘವಾದ ಒಡ್ಡುಕಾಲ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಆತ ತನ್ನ ಗಿರಾಕಿಯನ್ನು ಚಲಿಸದೆ ಇರುವಂತೆ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡುತ್ತಿದ್ದನು: "ಹಾಗೆಯೇ ಇರಿ ....".

ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಒಡ್ಡುಕಾಲ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಹೋರಾಟವನ್ನು ಎರಡು ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾಗುವುದು. ಮೊದಲನೆಯದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಯವವನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವುದು. ಇದನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಸಂಯುಕ್ತ

ಮಸೂರದಲ್ಲಿನ ಮಸೂರಗಳ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ರಚನೆಯನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ. ಹಲವಾರು ಮಸೂರಗಳ ಜೋಡಣೆಯಿಂದ ಆಗಿರುವ ಸಂಯುಕ್ತ ಮಸೂರದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಇದರಿಂದ ಬಿಂಬದ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಷ್ಟವೇರ್ಪಡುವುದು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಅದರಿಂದ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಹಿನ್ನೆಲೆ ಉಂಟಾಗಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಕಾಂತಿಭೇದದ ಮಟ್ಟವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು ಮಸೂರಲೇಪನ ಎಂಬ ಪ್ರಯೋಗ ಕೌಶಲದಿಂದ ನಿವಾರಿಸಲಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮಸೂರದ ಮೇಲ್ಮೈಗೂ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪೊರೆಯನ್ನು ಬಳಿಯಲಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಫಲವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಮೊತ್ತವು ವ್ಯತಿಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಬಳಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ಮಸೂರಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಂಯುಕ್ತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕೂಡಲೇ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು: ಗಾಜು ನಸು ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತೊಂದು ದಾರಿಯೆಂದರೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಪೊರೆಯನ್ನು (ಫಿಲ್ಮ್) ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವುದು.

ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡುವ ದ್ಯುತಿರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಸೂಕ್ತ. ದ್ಯುತಿಸಂವೇದಿಯಾದ ಪದರವು ಸಿಲ್ವರ್ ಬ್ರೋಮೈಡ್ ಹರಳುಗಳು ಮತ್ತು ಇದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಿತವಾಗಿರುವ ಅಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಿಲ್ವರ್ ಅಯೋಡೈಡ್ ಹರಳುಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ನಾಟಿರುವ ಒಂದು ಜೆಲಟಿನ್. ಹರಳುಕಾಳುಗಳ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಒಂದು ಸಾವಿರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರಿಂದ ಹತ್ತು ಸಾವಿರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರವರೆಗೂ ಇರುವುದು. ಒಂದು ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿರುವ ಕಾಳುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಹತ್ತು ಸಾವಿರದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಲಕ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಇರುವುದು. ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದಾಗ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಿ ಪಾಯಸದಲ್ಲಿ (ಇಮಲ್ಷನ್) ಪದರದಲ್ಲಿ ಕಾಳುಗಳು ಒತ್ತಾಗಿಯೇ ಇರುವುವೆಂಬುದು ಕಂಡುಬರುವುದು.

ಪಾಯಸದ ಒಂದು ಕಾಳಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಹಾಲೈಡಿನ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ನಡುವಣ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸುತ್ತವೆ. ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪೊರೆಯ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಬ್ರೋಮೀನ್‌ಗೂ ನಡುವಣ ಬಂಧನಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ

ಒಡೆಯುವಷ್ಟರ ಒಡ್ಡುವ ಕಾಲಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾನೆ. ಆದರೂ, ಒಡ್ಡುವ ಕಾಲಪ್ರಮಾಣವು ತೀರಾ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರಕೂಡದು. ಆದರಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಮತ್ತು ಬ್ರೋಮೀನ್‌ನ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಬಂಧನಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ನಾಶವಾಗುವವು. ಪೊರೆಯನ್ನು ಸ್ಫುಟಗೊಳಿಸಿದಾಗ, ಹರಳುಗಳು ಅವುಗಳಲ್ಲಿದ್ದ ಬೆಳ್ಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವವು ಮತ್ತು ಪೊರೆಯು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕಪ್ಪಾಗಿರುವುದು.

ಒಡ್ಡುವ ಕಾಲಪ್ರಮಾಣವು ಸರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕವು ವಸ್ತುವಿನ ಅವ್ಯಕ್ತ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಳಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಭೇದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಬಂಧನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕಾಳಿನ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪೊರೆಯನ್ನು ಸ್ಫುಟೀಕರಣ ಮಾಡುವುದೆಂದರೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿರುವ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಆಗ ಪೊರೆಯನ್ನು ಸ್ಫುಟೀಕರಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ವಿಷಮಚಿತ್ರದ (ನೆಗೆಟಿವ್) ಮೇಲೆ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಮೊತ್ತವು ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಂಶಗಳು ಸಿಲ್ವರ್ ಬ್ರೋಮೈಡ್ ಹರಳು ಕಾಳಿನ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಮೇಲಿನ ವಿವರಗಳಿಂದ ವಾಚಕನಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿರಬೇಕು.

ಪೊರೆಯ ಸ್ಫುಟೀಕರಣವಾದ ಮೇಲೆ ಮುಂದಿನ ಘಟ್ಟವು ಅದನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದು. ಈ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವ ಕಾರ್ಯವೆಂದರೆ ಅವಿಭಜಿತ ಸಿಲ್ವರ್ ಬ್ರೋಮೈಡ್‌ಅನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದು. ಈ ಕಾಳುಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯದೆ ಹೋದರೆ, ಪೊರೆಯ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬಿದ್ದಾಗ ಅದು ಕೆಟ್ಟುಹೋಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಕಾಳುಗಳು ತಮ್ಮಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಬೆಳ್ಳಿಯನ್ನೂ ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವವು.

ಒಂದು ಸಹಜವಾದ (ಪಾಸಿಟಿವ್) ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದರ ಭೌತ ವಿಷಯವು ಅತ್ಯಂತ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಅದರ ವಿಚಾರಕ್ಕೆ ನಾವು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಆಧುನಿಕ ವರ್ಣ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಕಲೆಯ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಸರಳವಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಅದು ನಮ್ಮ ಪೂರ್ಣ ಮೆಚ್ಚುಗೆಗೆ ಅರ್ಹ, ಆದರೂ ಈ ಕಾರ್ಯದ ಭೌತ ವಿಷಯವು ಅತಿಸರಳವಾದದ್ದೆ ಆಗಿರುವುದು. ವರ್ಣದ ಅರಿವಿನ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹದಿನೆಂಟನೆಯ

ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಂದಿಡಲಾದ ವಾದವೂ ನಿಜವಾದದ್ದೇ. ಮನುಷ್ಯನ ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಮೂರು ಬಣ್ಣಗಳ - ಕೆಂಪು, ಹಸಿರು ಮತ್ತು ನೀಲಿ - ಗ್ರಾಹಿಗಳು ಇವೆ. ಈ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂಯೋಜನೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಯಾವ ಬಣ್ಣದ ಅರಿವನ್ನೂ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಒಂದು ಬಣ್ಣದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಮೂರು ಪದರಗಳುಳ್ಳ ಪೊರೆಯು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಪದರವು ನೀಲಿ ಕಿರಣಗಳಿಗೂ, ಮಧ್ಯದ್ದು ಹಸಿರು ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ತಳದಲ್ಲಿರುವುದು ಕೆಂಪು ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸುವರು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಪ್ರಸಃ ಒಂದು ಮೂರು ಪದರದ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗ್ರಾಹಿ ಕಾಗದದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಬಣ್ಣದ ವಿಷಯ ಚಿತ್ರವು ಒಂದು ಬಣ್ಣದ ಸಹಜ ಚಿತ್ರವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದು.

ಕಣ್ಣು

ಪ್ರಕೃತಿ ರೂಪಿಸಿರುವ ಕಣ್ಣು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಒಂದು ಭೌತ ಉಪಕರಣ. ಸಾವಿರಾರು ಬಣ್ಣದ ಛಾಯೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು, ಹತ್ತಿರವಿರುವುದನ್ನೂ ದೂರವಿರುವುದನ್ನೂ ನೋಡಲಾಗುವುದು, ಎರಡು ಕಣ್ಣುಗಳ ಮೂಲಕ ವಸ್ತುಗಳ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು, ಬೆಳಕಿನ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನೂ ಗ್ರಹಿಸುವುದು - ಈ ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲಾ ಮನುಷ್ಯನ ಕಣ್ಣನ್ನು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ಉಪಕರಣಗಳ ವರ್ಗದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸುತ್ತವೆ. ನಿಜ ಮನುಷ್ಯನ ಕಣ್ಣು ವರ್ಣಪಟಲದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಭಾಗವನ್ನು ನೋಡಬಲ್ಲುದು. ಕೆಲವು ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಕಣ್ಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಈ ನ್ಯೂನತೆಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ನಿವಾರಿಸುತ್ತವೆ.

ಹಲವು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣು ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಕ್ಯಾಮರಾವನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತರುತ್ತದೆ. ಕ್ಯಾಮರಾದ ಯವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಕಣ್ಣಿನೊಳಗಿನ ಎರಡು ಕಡೆಯೂ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬಾಗಿರುವ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಯವವು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣಿನ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಯವವು ಮೃದುವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುವ ಸ್ನಾಯುಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ತನ್ನ ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲದು. ಹತ್ತಿರವಿರುವ ಮತ್ತು ದೂರವಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅಷ್ಟೇ ಸುಲಭವಾಗಿ ನೋಡಲಾಗುವಂತೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ಕಣ್ಣಿನ ಕ್ರಿಯೆ ಇದೇ. ವಯಸ್ಸು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಯವವು ಗಟ್ಟಿಯಾಗುವುದು, ಸ್ನಾಯುಗಳು ದುರ್ಬಲವಾಗುವುವು

ಮತ್ತು ಆಗ ದೂರ ನೋಡುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಓದುವುದಕ್ಕೂ ಕನ್ನಡಕಗಳು **ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುವು.**

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಣ್ಣಿನ ಹಿಂಭಾಗದ ಗೋಡೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕ್ಷೇಪವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ದೃಷ್ಟಿ ನರವು ಈ ಅರಿವನ್ನು ಮಿದುಳಿಗೆ ಒಯ್ಯುತ್ತದೆ.

ಒಬ್ಬ ಯುವಕನ ಸಹಜಸ್ಥಿತಿಯ ಕಣ್ಣು 10 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಿಲ್ಲದ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸಣ್ಣ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲುದು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ವಯಸ್ಸು ಕಳೆದ ಮೇಲೆ ದೂರದೃಷ್ಟಿ ಏರ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಈ ದೂರವು 30 **ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚುವುದು.**

ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಮಸೂರದ ಮುಂದುಗಡೆ ಕಣ್ಣಿನ ಪಾಪೆ ಇದೆ; ಇದು ಕ್ಯಾಮರಾದಲ್ಲಿನ ಮಧ್ಯಪಟದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುತ್ತದೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಕಣ್ಣಿನ ಪಾಪೆಯ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ 1.8 ರಿಂದ 10 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರುಗಳವರೆಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಬಹುದು.

ಮನುಷ್ಯನ ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಚಿತ್ರಿತವಾಗುವ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಅಕ್ಷಿಪಟವು ವಹಿಸುತ್ತದೆ; ಇದು ಬಹಳ ತೊಡಕಾದ ರಚನೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಕೆಳಗಡೆ ದೃಷ್ಟಿಯ ಎಪಿಥೀಲಿಯಂ (optic epithelium) ಎಂಬ ಪೊರೆಯಿದೆ. ಇದು ಶಲಾಕಾ ಮತ್ತು ಶಂಕುಗಳು ಎಂಬ ದ್ಯುತಿ ಸಂವೇದಿಯಾದ ಕೋಶಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ. ಈ ಕೋಶಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದೊಳಗಿನ ಸಿಲ್ವರ್ ಬ್ರೋಮೈಡಿನ ಕಾಳುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸದೃಶವಾಗಿದೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಕೋಟಿಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೃಷ್ಟಿ ಕೋಶಗಳಿವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಮನುಷ್ಯನು ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಗುರ್ತಿಸಬಲ್ಲನಾದ್ದರಿಂದ, ಈ ದೃಷ್ಟಿ ಕೋಶಗಳು ವರ್ಣಪಟಲದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿವೆಯೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಕೋಶಗಳು ವರ್ಣಪಟಲದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಗ್ರಾಹಿಯಾದ ವರ್ಗಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡರೂ ಇದೇ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ.

ದೃಷ್ಟಿಯು ಸಹಜಸ್ಥಿತಿಯದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ, ಕಣ್ಣು ಅಲುಗಾಡದೆ ಇದ್ದಾಗ ಅದರ ಹಿಂಭಾಗ ನಾಭಿ ಬಿಂದುವು ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಮೇಲಿರುತ್ತದೆ. ಅದು ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಮುಂದುಗಡೆ ಇದ್ದರೆ ವ್ಯಕ್ತಿಯು **ಸಮೀಪ ದೃಷ್ಟಿ ದೋಷವುಳ್ಳವನು;** ಅದು ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಹಿಂದುಗಡೆಯಿದ್ದರೆ ವ್ಯಕ್ತಿಯು **ದೂರ ದೃಷ್ಟಿ ದೋಷವುಳ್ಳವನು.** ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಈ ಎರಡು ದೃಷ್ಟಿ ದೋಷಗಳು ಬಹಳ ದಪ್ಪನಾದ ಅಥವಾ ಬಹಳ ತೆಳುವಾದ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಮಸೂರದಿಂದುಂಟಾಗುವುವು.

ಕೆಲವು ಜನರು **ಅಸಮದೃಷ್ಟಿ ದೋಷದಿಂದ** ಬಾಧೆಪಡುವರು. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಹಜ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಮಸೂರವು ಎರಡು ಗೋಳಾಕಾರದ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಂದ ಪರಿಮಿತವಾದ ಸರಿಯಾದ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ದೋಷಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಕನ್ನಡಕಗಳಿಂದ ಪರಿಹರಿಸಬಹುದು. ಅವು ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಮಸೂರಗಳ ಜತೆಗೂಡಿ ದೂರದ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಮೇಲೆ ನಾಭೀಕರಿಸಲು ಒಂದು ದ್ಯುತೀಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ.

ಕನ್ನಡಕದ ಮಸೂರಗಳನ್ನು **ಡಯಾಪ್ಟರ್** (ಮಸೂರಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಒಂದು ಮಾನ) ಮೂಲಕ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ಮಸೂರದ ದ್ಯುತೀಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ನಾಭಿದೂರಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏಕಾಂಕವನ್ನು ಮೀಟರುಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ನಾಭಿದೂರದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಭಾಗಲಬ್ಧವೇ, ಡಯಾಪ್ಟರುಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ದ್ಯುತೀಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ. ಸಮೀಪದೃಷ್ಟಿ ದೋಷವಿರುವ ಜನರು ತಮ್ಮ ಕನ್ನಡಕದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಚದುರಿಸುವ ಮಸೂರಗಳ ನಾಭಿದೂರವು ಋಣವಾಗಿರುವುದು.

ಕಣ್ಣಿನ ದೃಷ್ಟಿಯ ಕೋನವು ನಮಗೆ ತೋರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು. ನಮ್ಮ ನೇರವಾದ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ (90°) ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಭವಿಸುವ ಹಲವಾರು ಘಟನೆಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ನಿಗೂಢ ಪ್ರಜ್ಞೆಯು ಗುರುತಿಸಿಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಜನರಿಗೆ ತಾವು ದೃಷ್ಟಿಸಿ ನೋಡದಿದ್ದ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ತಮ್ಮನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿರುವುದು ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವಂತಾಗುವುದು.

ಪ್ರಕಾಶದ ಮಟ್ಟವು ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿದ್ದರೂ ಒಂದು ಮಿನಿಟ್ ಕೋನ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕಣ್ಣು ಸ್ಫುಟವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸಲಾರದು.

ಧ್ರುವಕಗಳು (ಧ್ರುವೀಕರಿಸುವ ಸಲಕರಣೆಗಳು)

ದ್ಯುತಿ ತರಂಗವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗ. ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನಮೂದಿಸಿರುವಂತೆ, ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣದ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರಾತ್ಮಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುವು. ಬೆಳಕು ಕಣಾತ್ಮಕವಾದದ್ದು (ಕಣಗಳಿಂದಾದುದು) ಎಂಬ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಈ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಅರ್ಥಕೊಟ್ಟರೆ, ಆಗ ದ್ಯುತೀಯ ಒಂದು ಕಣವು - ಫೋಟಾನು - ಒಂದು ಗೋಳವಲ್ಲ, ಒಂದು ಬಾಣ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುವುದು. ಹಲವು ತೊಡಕಾದ

ಪರಿಕಲನಗಳಲ್ಲಿ ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಫ್ರೋಟಾನು (1ಕ್ಕೆ ಸಮವಾದ) ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬಂದಿರುವರು. ಆದ್ದರಿಂದ ಫ್ರೋಟಾನ್ ಒಂದು ಬಾಣ ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ದ್ಯುತಿ ಪ್ರಸಾರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿಯು ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವ ಭ್ರಮಣಗಳುಳ್ಳ ಫ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹವೇ ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಕಿರಣ. ಇಂತಹ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವನ್ನು **ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲ್ಪಡದ ಬೆಳಕು** ಎಂದು ಹೇಳುವರು. ಹಾಗಾದರೂ, ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಫ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು, ಅಥವಾ ಇದನ್ನು ಹೀಗೂ ಹೇಳಬಹುದು: ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುತ್ತೇವೆ. ಇಂತಹ ಕಿರಣಗಳನ್ನು **ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲಾದುದು** ಎಂದು **ಹೇಳಲಾಗುವುದು.**

ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲಾದ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವನ್ನು ಒಂದು ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದ ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸುವುದು. ಇಂತಹ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಆಪಾತವಾದ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ದಿಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸವಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಿರಣವನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಎರಡು ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳನ್ನಾಗಿ ಒಡೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ.

ಇದು ಹೇಗೆ ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯವನ್ನು ಕೂಡ ವಾಚಕನಿಗೆ ಮಾಡಿಕೊಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂಬುದಕ್ಕೆ ವಿಷಾದಿಸುತ್ತೇನೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಹರಳಿನ ಅಣುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ "ಸ್ವೀಕರಿಸುತ್ತವೆ". ಈ ವಾಕ್ಯದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯೋಗವೇನೂ ಆಗಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ನಾನು ಬಲ್ಲೆ. ಆದರೆ ವಾಚಕನಿಗೆ ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಭರವಸೆ ನೀಡಬಲ್ಲೆ: ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳ ಒಡೆಯುವಿಕೆಯ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆ ಒಂದಿರುವುದು ಮತ್ತು ಅದು ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ವಿವರಣೆ ನೀಡಬಲ್ಲ ಒಂದು ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಹರಳನ್ನು ದ್ಯುತಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ

ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿದರೆ ದ್ಯುತಿಯ ಸಾಗಣೆಯು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲ್ಪಡದ ಒಂದು ಕಿರಣವನ್ನು ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಿರಣವು ಅಪೇಕ್ಷಿತವಾದ ಯಾವುದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹೋಗುವಂತೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ ಸ್ಕಾಟ್ಲೆಂಡಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ವಿಲಿಯಂ ನಿಕಲ್ (1768-1851) ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರುಳ್ಳ **ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಜಮ್ (ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ)** ಎಂಬುದು ಲಭಿಸುವುದು. ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು 1828ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾಯ್ತು. ಆಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಯ ಧ್ರುವೀಕರಣದ ಎಲ್ಲಾ ವಿವರಣೆಗಳೂ ಕಣಗಳ ಪರಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಕೊಡಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದವು ಎಂಬುದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದು ನ್ಯೂಟನ್ ಮಂಡಿಸಿದ್ದ ದ್ಯುತಿಯ **ಕಣಾತ್ಮಕ** ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಸಮರ್ಥನೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು.

ಇದರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಕಾಲದ ನಂತರ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮತ್ತು ನಮನ ಇವುಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ಹಾಗೂ ಇವುಗಳಿಗೆ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಎಷ್ಟು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಲಾಯ್ತೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಕಣವಾದವನ್ನು ಸಮಾಧಿ ಮಾಡಿದಂತೆಯೇ ಆಯಿತು. ಆದರೆ ಒಂದು ಶತಮಾನ ಕಳೆದ ಮೇಲೆ, ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಫೀನಿಕ್ಸ್ ಪಕ್ಷಿಯು ಭಸ್ಮರಾಶಿಯಿಂದ ಎದ್ದು ಬಂದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪುನರುಜ್ಜೀವನಗೊಳಿಸಲಾಯ್ತು. ಆದರೆ ಈಗಾದುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಎರಡು ಅಭಿಮುಖಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದರ ನಿರಾಡಂಬರ ಉಡುಪಿನಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡಂತೆ ಮಾತ್ರ ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜ.

ದ್ಯುತಿಯ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧ್ರುವಕವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ನಿರೀಕ್ಷೆಯಂತೆ, ಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು ಎರಡು ಗುಣಕಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಆದರೆ, ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣ ಪಥದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಉಪಕರಣವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಧ್ರುವೀಕರಣದ ವಾಸ್ತವತೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವ ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರ ವಿದ್ಯಮಾನ ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಈ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ **ವಿಭಾಜಕ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದು ಮೊದಲನೆಯ ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಈಗ ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗಿಸೋಣ. ಎರಡು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಹಾದು ಹೋಗಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಯು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ

ಗಳಿಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ಇದ್ದಷ್ಟೇ ಇರುವುದು ಎಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳು ಸಮಾಂತರವಾಗಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಈಗ ವಿಭಾಜಕವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿ. ಅದನ್ನು 90° ಮೂಲಕ ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ ಬೆಳಕು ಹಾದು ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಆಗ ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳು ಅಡ್ಡಗಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ, ಎರಡನೆಯ ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಸಮಾಂತರ ಸ್ಥಾನದಿಂದ α ಕೋನದಷ್ಟು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ ತೀವ್ರತೆಯು $(1/2)\ I \cos^2\alpha$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ವಿಭಾಜಕದ "ಸೀಳಿಗೆ" ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಎರಡು ಘಟಕಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಈ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ತೀವ್ರತೆಯು ತರಂಗದ ಚಲನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ ದ್ಯುತಿಯ ತೀವ್ರತೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕೋಟಿಜ್ಯಾದ ವರ್ಗದ ನಿಯಮಾನುಸಾರವಾಗಿ ಏರ್ಪಡಬೇಕು.

ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ಯುತಿಯ ಈ ರೀತಿಯ ವಿಭಜನೆಗೆ ಅನೇಕ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಯೋಗಗಳಿವೆ. ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳು ಅಡ್ಡಗಟ್ಟಿವೆ. ಮತ್ತು ತರಂಗದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸದಿಶಪರಿಮಾಣವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಪಾರದರ್ಶಕ ಕಾಯವನ್ನು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಇಡಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆಗ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಹೆಚ್ಚುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿದೆ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ದ್ಯುತಿ ಸದಿಶಪರಿಮಾಣದ ತಿರುವು ಹಾಗೂ ಅಡ್ಡಗಟ್ಟಿರುವ ನಿಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರಪ್ರಕಾಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯೂ ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಬಣ್ಣ ಬಣ್ಣದ ಚಿತ್ರಾಕೃತಿಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಬೇರೆಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಬೇರೆಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಚಿತ್ರಾಕೃತಿಗಳಿಂದ ಮಾದರಿ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಊಹಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳು ಏಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿವೆಯೋ ಇಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು. ಈ ತಿಳಿವು ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಮತ್ತು ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ನಿಕ್ಕಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಧ್ರುವೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಆಗ ಸಂರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿವರಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಮೃದ್ಧವಾಗಿರುವುವು.

ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ದ್ರಾವಣಗಳು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಕ್ಕರೆಯ ದ್ರಾವಣಗಳು) ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ತರಂಗದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸದಿಶಪರಿಮಾಣವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಬಲ್ಲ ಭ್ರಾಮಕಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣದ ಕೋನವು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿನ ಸಕ್ಕರೆಯ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಉಚಿತವಾಗಿ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಸಕ್ಕರೆಯ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಧ್ರುವಣಮಾಪಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬಹುದು. ಇಂತಹ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಶರ್ಕರಾಮಾಪಕಗಳು (Saccharimeters) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇವನ್ನು ಯಾವುದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.

ಧ್ರುವಣಮಾಪಕಗಳ ಉಪಯೋಗವು ಈ ಎರಡು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಿಂದಲೇ ಮುಗಿಯಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅವುಗಳು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದವು.

ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶಕ

ಒಂದು **ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ** ದ್ಯುತಿಯ ಅಂಗವು ಕಣ್ಣುಮಸೂರ (ಐಪೀಸ್) ಮತ್ತು ವಸ್ತುಮಸೂರ (ಆಬ್ಜೆಕ್ಟಿವ್) ಎಂಬ ಎರಡು ಮಸೂರಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ. ಕಣ್ಣಿಟ್ಟು ನೋಡುವ ಮಸೂರವು ಕಣ್ಣುಮಸೂರ; ವಸ್ತುಮಸೂರವು ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಸಮೀಪ ದಲ್ಲಿರುವುದು. ವಸ್ತುವನ್ನು ವಸ್ತುಮಸೂರದ ನಾಭಿ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುವುದು. ವಸ್ತುಮಸೂರ ಮತ್ತು ಕಣ್ಣುಮಸೂರ ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿದೆ. ಅದು ಕಣ್ಣುಮಸೂರಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅದರ ನಾಭಿ ಬಿಂದುವಿಗೂ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವುದು ಆವಶ್ಯಕ. ಕಣ್ಣುಮಸೂರವು ಒಂದು ಆವರ್ಧಕ ಮಸೂರದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವುದು. ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಆವರ್ಧನ ಶಕ್ತಿಯು ಕಣ್ಣುಮಸೂರ ಮತ್ತು ವಸ್ತುಮಸೂರ ಇವುಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಆವರ್ಧನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಮೊದಲು ನೋಟಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಅಪರಿಮಿತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿವರಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು ಎಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಸಾವಿರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ತೆಗೆದು ಅದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಲಕ್ಷ ಸಲಗಳಷ್ಟರ ಆವರ್ಧನವನ್ನು ಏಕೆ ಗಳಿಸಬಾರದು, ಮುಂತಾಗಿ.

ಈ ವಿಧದ ವಾದವು ಪೂರಾ ಭ್ರಾಂತಿಯುತವಾದುದು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ಪೊರೆಯ ಕಾಳುಗಳ ಪರಿಮಾಣದಿಂದ ಮಿತಿಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಸಿಲ್ವರ್ ಬ್ರೋಮೈಡಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪುಟ್ಟ ಹರಳೂ ಒಂದು ಅಖಂಡ ಏಕಾಂಶದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವರ್ಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ವಾಚಕನು ಪ್ರಾಯಶಃ ನೋಡಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ಆವರ್ಧನವು ಚಿತ್ರದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಅಸ್ಪಷ್ಟ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು.

ಆದರೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ತೊರೆದು, ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ದ್ವಿತೀಯವಾಗಿಯೇ ಆವರ್ಧಿಸಿದರೆ, ಇದು ಯವಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದಲೇ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಆವರ್ಧನವು ನಿರರ್ಥಕವೆಂದು ನಾವು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಮನಗಾಣುವೆವು. ಯಾವುದೇ ಉಪಕರಣದ ಉಪಯುಕ್ತ ಆವರ್ಧನ ಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಸ್ವಭಾವದಿಂದ ಪರಿಮಿತವಾಗಿರುವುದು. ನಾವು ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ಬರೀ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ, ಆವರ್ಧಕ ಯವದ ಮೂಲಕವಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಅಥವಾ ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕವಾಗಲಿ, ಹೇಗೆ ಆದರೂ ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ದ್ಯುತಿ ತರಂಗವು ಒಂದು ತೆರಪಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಲೇಬೇಕು. ಆದರೆ ಅಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಮನ, ಅಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವು ತನ್ನ ಸರಳರೇಖೀಯ ಪಥದಿಂದ ಬಾಗುವುದು ಎಂಬ ಘಟನೆಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುವುದು. ಕಿರಣವು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗಾದರೂ ''ಮೂಲೆಯ ಸುತ್ತ ಇಣಕಿ ನೋಡುವುದು'', ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಎಂದಿಗೂ ಬಿಂದುವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಆದರೆ ಒಂದು ಚುಕ್ಕೆಯಾಗುವುದು. ಅಲ್ಲದೆ ನೀವು ಎಷ್ಟೇ ಪ್ರಯತ್ನಪಟ್ಟರೂ, ಚುಕ್ಕೆಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಪಥವು ಸರಳರೇಖೀಯ ಪಥವನ್ನು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡುವುದು ಅಗತ್ಯ.

ವಿಕಿರಣ ಮೂಲದಿಂದ f ದೂರದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಸರಳರೇಖೀಯ ಪಥದಿಂದ ತಪ್ಪಿರುವ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣವು x ಆಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಕಿರಣದ ಪಥದಲ್ಲಿರುವ

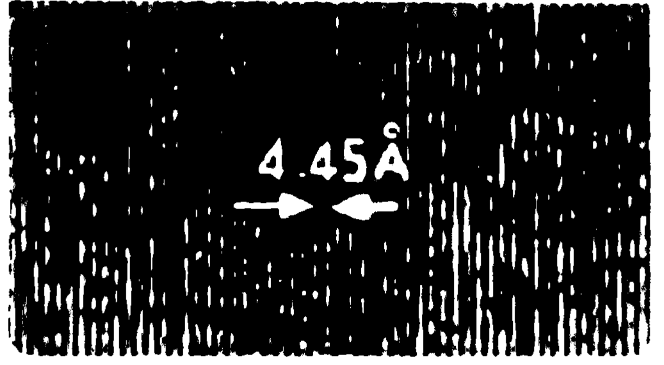
ಆವರಣೆಯ (ಅಥವಾ ದ್ಯುತಿ ದ್ವಾರದ) ಪರಿಮಾಣವು aಗೆ ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು:

$$x = \frac{\lambda f}{a}$$

ಇಲ್ಲಿ λ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ. ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ನಮಗೆ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಕಣ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಖಗೋಳೀಯ ಕಾಯಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುವ ಭೇದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೂರಗಳು. ದ್ಯುತಿದ್ವಾರಕ್ಕೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ನಮಗೆ ಕಾಣಬರುವುದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ತೆರಪುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಪಿನ್ನಿನ ಚೂಪಿನಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವ ತೆರಪಿನಲ್ಲಿಯೂ ನಮಗೆ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು; ಆದರೆ ಸುಮಾರು ನೂರಾರು ಮೀಟರುಗಳ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ.

ನಾವು ಬರೆದಿರುವ ಸರಳ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳ ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ಮಿತಿಯನ್ನು ನಿಗದಿಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರಿಗಿಂತ ಸಣ್ಣದಾದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳನ್ನು ನೋಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈಗ ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಬರೀ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ನೋಡಬಹುದು. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ದ್ಯುತೀಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳನ್ನು 1000ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವರ್ಧನಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗದು.

ಈ ನಿರ್ಬಂಧವು ದ್ಯುತೀಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಈಗ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳಲ್ಲದೆ, ಇನ್ನೂ ಕಿರಿದಾದ ತರಂಗಾಂತರಗಳುಳ್ಳ ಯಾವುದಾದರೂ ಬೇರೆ ಕಿರಣಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಲ್ಲವಾದರೆ ಆಗ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾದ ಆವರ್ಧಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಇಂತಹುದೇ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವು ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಅನೇಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಅದಕ್ಕೆ **ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೈಕ್ರೋಸ್ಕೋಪ್)** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಕಿರಿದಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೋಟಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ ರಚನಾ ವಿವರಗಳನ್ನು ವಿಭೇದಿಸಬಲ್ಲವು.



ಚಿತ್ರ 2.4

ಅನುವಂಶಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತಂದೆತಾಯಿಗಳಿಂದ ಅವರ ಸಂತಾನಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯುವ ಉದ್ದವಾಗಿರುವ DNA ಎಂಬ ಅಣುಗಳನ್ನು ಜೀವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ನೋಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರೋಟಿನ್ ಅಣುಗಳನ್ನೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಕೋಶಗಳ ಪೊರೆಗಳ ಸಂರಚನೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಸ್ನಾಯು ತಂತುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ವಿವರಗಳನ್ನೂ ನೋಡಲಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರ 2.4ರಲ್ಲಿನ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವು ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಮೀರಿದೆ: ಇದು ಪೈರೊಫಿಲೈಟ್ ಎಂಬ ಖನಿಜದ ಹರಳು ಜಾಲಕದ 30 ಲಕ್ಷ ಸಲಗಳ ಆವರ್ಧನ ಮತ್ತು ಹರಳಿನ ಸಮತಲಗಳ ದೂರವು 4.45 ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್ ಗಳೆಂದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮಿತಿಯು ಅದರ ವಿಭೇದನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿಲ್ಲ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಮಾಡಬಹುದು), ಆದರೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಲ್ಲಿನ ಕಾಂತಿ ಭೇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು: ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಆಧಾರ ಏರ್ಪಡಿಸಬೇಕು; ಈ ಆಧಾರವು ಅಣುಗಳಿಂದಾಗಿರುವುದು. ಆಧಾರದ ಅಣುಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿಯ ಅಣುವನ್ನು ಕಾಣುವುದು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವು ಸುಮಾರು ಒಂದುವರೆ ಮೀಟರು ಎತ್ತರವಿರುವ ತೊಡಕಾದ ಮತ್ತು ಬಹಳ ವೆಚ್ಚದ ಉಪಕರಣ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದಿಂದ ವೇಗವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಆವರ್ಧನದ ತತ್ವವು ದೃತೀಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿರುವುದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಅದನ್ನು ಯವಗಳ ಮೂಲಕ

ಉಂಟುಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಅವು ಸಾಧಾರಣ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಮಸೂರಗಳಂತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ದ್ಯುತಿದ್ವಾರಗಳಿರುವ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಲೋಹದ ಫಲಕಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಸುರುಳಿಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಾಭೀಕರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವ ಅನೇಕ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ಅನ್ಯೋನ್ಯ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಗಾಗಿ (transillumination) ಅತ್ಯಂತ ನವುರಾದ ಪದರಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಮೈಕ್ರೊಟೋಮ್‌ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಲೋಹದ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಅಣುಗಳ ಮೇಲೆ ನಿಕ್ಷೇಪಮಾಡಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಒಳ್ಳೆಯ ಛಾಯೆ ಕೊಡಲಾಗುವುದು. ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪಾರದರ್ಶಕ ಪದಾರ್ಥದ ಅತಿತೆಳುವಾದ ಒಂದು ಪೊರೆಯನ್ನು ಬಳಿದು, ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿರೂಪವನ್ನು ಕೊರೆದು ತಯಾರಿಸಿ, ಮಾದರಿಯ ಒಂದು ನಕಲನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗುವುದು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಶಾಸ್ತ್ರವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ದೊಡ್ಡದೂ ಮುಖ್ಯವಾದುದೂ ಆದ ವಿಭಾಗ. ಅದು ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಅಧ್ಯಾಯಕ್ಕೆ ಯೋಗ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ಆದರೆ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಗಾತ್ರವು ನನ್ನನ್ನು ಮುಂದೂಡುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸಲಿರುವ ವಿಷಯವು **ದೂರದರ್ಶಕ**. 16ನೆಯ ಶತಮಾನಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೇ ದೂರವಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹೊರಬಾಗಿನ ಮಸೂರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು ಎಂಬ ಸಲಹೆಗಳು ಇದ್ದವು. ಆದರೂ, ದೂರದರ್ಶಕದ (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು ಲಘು ದೂರದರ್ಶಕ) ನಿಜವಾದ ನಿರ್ಮಾತೃವು ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಗೆಲಿಲಿಯೋ ಎಂದು ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ. ಜುಲೈ 1609ರಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ರಚಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಒಂದು ವರ್ಷದ ನಂತರ ರಾತ್ರಿ ಆಕಾಶದ ತನ್ನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು.

ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಂತೆಯೇ, ದೂರದರ್ಶಕವು (ಉಚಿತವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ **ವಕ್ರೀಕರಣ ದೂರದರ್ಶಕ**) ತತ್ತ್ವತಃ ಎರಡು ಮಸೂರಗಳ ಸಂಯೋಗ: ದೂರದ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ರೂಪುಗೊಳಿಸುವ ವಸ್ತುಮಸೂರ ಮತ್ತು ಕಣ್ಣುಮಸೂರ. ಅಪಾರ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದರಿಂದ, ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ವಸ್ತುಮಸೂರದ ನಾಭಿ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಕಣ್ಣುಮಸೂರದ ನಾಭಿ ಸಮತಲವು ವಸ್ತುಮಸೂರದ ನಾಭಿ ಸಮತಲವೇ ಆಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ಕಿರಣಗಳ ತಂಡಗಳು ಕಣ್ಣುಮಸೂರದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ.

ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ವಸ್ತುಮುಖದ ವ್ಯಾಸದೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು 10-ಸೆಂ.ಮೀ-ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ಅಂಗಾರಕ ಗ್ರಹದ ಮೇಲಿನ 5 ಕಿ.ಮೀ. ಗಾತ್ರದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. 5 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ, ಅಂಗಾರಕದ ಮೇಲಿರುವ 100 ಮೀಟರುಗಳಷ್ಟರವರೆಗಿನ ಅಗಲವುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ವಿಭೇದಿಸಬಹುದು.

ಖಗೋಳೀಯ ಸಮೀಕ್ಷ ಮಂದಿರಗಳಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕರಣ ದೂರದರ್ಶಕಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ **ಪ್ರತಿಫಲನದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳೂ** ಇರುತ್ತವೆ. ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ನಮ್ಮ ಗುರಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದುಗೂಡಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ ಮಸೂರದಿಂದಲೇ ಅಲ್ಲದೆ ಗೋಳಾಕಾರದ ಕನ್ನಡಿಯಿಂದಲೂ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿನ (ಒಂದು ಕನ್ನಡಿ) ಅನುಕೂಲತೆ ಏನೆಂದರೆ ವರ್ಣಾಪಸರಣ ತಪ್ಪುತ್ತದೆ. ಕನ್ನಡಿ ದೂರದರ್ಶಕದ ನ್ಯೂನತೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಉತ್ಕೃಷ್ಟತೆಯುಳ್ಳ ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ತೊಂದರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುವು.

ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ದೂರದರ್ಶಕವು ಕೊಡಬಲ್ಲ ಆವರ್ಧಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೂ ಒಂದು ಮಿತಿಯಿರುವುದು. ಈ ಮಿತಿಯು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಬರುವ ಒಂದು ದ್ಯುತೀಯ ಕಿರಣವು ಒಂದು ವೃತ್ತವಾಗಿ ಹರಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದು ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ವಿಭೇದಿಸಲಾಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನೀಯ ದೂರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಮಿತಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಅಪೇಕ್ಷೆಯು ಕನ್ನಡಿಯ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರೊಡನೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಮಿತಿಯು ಪ್ರಾಯಶಃ ಚಾಪದ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದು.

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಉಪಕರಣಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ ಮತ್ತು ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ವರ್ಣಪಟಲದ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಾಯಕವಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಏಳನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತೇವೆ.

ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಿಗಳು (ವ್ಯತಿಕರಣೋಪಕರಣಗಳು)

ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಕಲಿತ್ತ ಹಾಗೆ ತೋರಿಸುವಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣವೂ ಇರುವುದು. ಕಣಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳೂ ಕೂಡ - ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಹೀಗೆಯೇ. ಘನಿಯ ಮಾಧ್ಯಮದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಪಲ್ಲಟಗಳ ಪರಿಣಾಮ ಮತ್ತು ಇವು ತರಂಗ ನಿಯಮಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ಯಾವ ವಿಕಿರಣಕ್ಕಾದರೂ ಒಂದು ತರಂಗಾಂತರ, ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರವೇಗ ಇವುಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೇ; ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸೂತ್ರವು $c = \lambda\nu$ ಎಂದು ಇರುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೂಪದ ವಿಕಿರಣವು ಏಕವರ್ಣೀಯವಾದುದು, ಅಂದರೆ, ಅದನ್ನು ಒಂದೇ ಒಂದು ತರಂಗಾಂತರದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ವಿಕಿರಣವು ಒಂದು ತೂಪಕಾದ ವರ್ಣಪಟಲ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ತರಂಗಗಳ ಮೊತ್ತ.

ವಿಕಿರಣಗಳ ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣವು ತರಂಗಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಿರಣಗಳ ಪಥದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯಗಳಿಂದಾಗುವ ಚದರಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು. ತರಂಗ ಚದರಿಕೆಯ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ದೃಷ್ಟಾಂತವು ನಮನ. ತರಂಗಗಳ ಒಂದು ಸಂಘಟನೆಯು **ವ್ಯತಿಕರಣ.**

ಇಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ವ್ಯತಿಕರಣದ ವಿಚಾರ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವು ದೂರಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಇತರ ಹಲವು ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿದೆ. ಈ ಉದ್ದೇಶಗಳ ಪ್ರಯುಕ್ತ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ **ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಿಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ದೂರವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದರ ತತ್ತ್ವವೇನೆಂದರೆ ಅಳತೆಮಾಡಲಿರುವ ದೂರಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ತರಂಗಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು.

ಇದನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಬಹಳ ಸುಲಭವೆಂದು ತೋರಬಹುದು. ಎರಡು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಎರಡು ಕಿರಣಜಾಲಗಳು ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿ. ಆಗ ವೀಕ್ಷಣೆಯ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೇರುವ ತರಂಗಗಳು "ಡುಬ್ಬವು ಡುಬ್ಬಕ್ಕೆ" ಅಥವಾ "ಡುಬ್ಬವು ತಗ್ಗಿಗೆ" ಇರುವುದೋ ಇದನ್ನನುಸರಿಸಿ ಒಂದು

ಹೊಳೆಯುವ ಅಥವಾ ಬೆಳಕಿಲ್ಲದ ಚುಕ್ಕೆಯು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಈಗ ನಾವು ಒಂದು ದ್ಯುತಿಮೂಲವನ್ನು ಸರಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ದೂರವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸೋಣ. ಈ ಚಲನೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಣಾ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ತರಂಗಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕಲಾ ಸಂಬಂಧಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ನಾವು ಮಾಡಬೇಕಾದುದು ಇಷ್ಟೆ: ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಕತ್ತಲೆಯ ಪ್ರತ್ಯಾವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಆಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡು, ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ತತ್ವಶಃ ಇದು ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಕತ್ತಲೆ ಪ್ರತ್ಯಾವರ್ತನ ಚಿತ್ರವು ಕಾಣಬರುವುದಿಲ್ಲ. ತೆರೆಯು ಎಲ್ಲ ಸಮಯದಲ್ಲೂ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವು ವಿಫಲವಾಗುವುದು.

ಖಚಿತವಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ಎರಡು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲಗಳಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಎರಡು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸೇರಿದರೆ, ಅವು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಪುಷ್ಟಿಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ತಪ್ಪಾಗಿರಬಹುದೇ?

ಇಲ್ಲ, ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸರಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನಾವು ಒಂದು ತಪ್ಪು ಎಣಿಕೆಯಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿದೆವು. ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಕಾಣಬೇಕಾದರೆ, ಸಂಯೋಗವಾಗುತ್ತಿರುವ ತರಂಗಗಳ ನಡುವೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಆದರೆ ಒಂದೇ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಹೊರಬರುವ ತರಂಗಗಳ ನಡುವಣ ಕಲಾ ಸಂಬಂಧಗಳು ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿರುವುವು. ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ''ಒಮ್ಮತವಿಲ್ಲದಂತೆಯೇ'' ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುವು ಎಂದು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಎರಡು ಬೇರೆಬೇರೆಯಾದ ದ್ಯುತಿಮೂಲಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುತ್ತವೆ; ಇದಕ್ಕೆ **ಅಸಂಸಕ್ತ ವಿಕಿರಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅಂದರೆ ಸಂಸಕ್ತ ವಿಕಿರಣವು ಬಲು ಕನಸಾಗಿರಬೇಕು. ಹಾಗಲ್ಲವೆಂದು ನಾವು ಈಗ ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ.

ಇದರ ಸಾಧನೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಸುಂದರವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಆದ್ಯ ಭಾವನೆಗಳಂತೆ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದುದು: ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿಕಿರಣವು ತನ್ನೊಡನೆಯೇ ಸಂಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ದ್ಯುತಿ

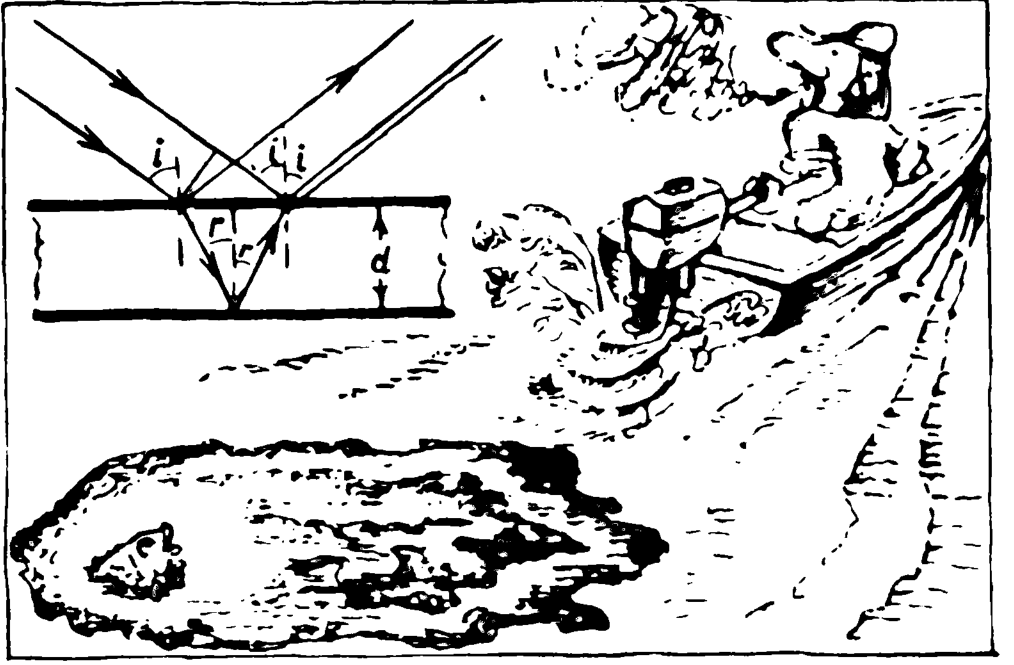
ಮೂಲಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಬರುವ ಕಿರಣವನ್ನು ಎರಡು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಬೇಕು. ಒಂದೇ ಕಿರಣದ ಎರಡು ಭಾಗಗಳು ಬೇರೆಬೇರೆಯಾದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ತರಬೇಕು. ಆಗ, ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡು ಮತ್ತು ಒಡೆದ ಕಿರಣದ ಭಾಗಗಳ ಪಥಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಕತ್ತಲೆಯ ಪ್ರತ್ಯಾವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಮತ್ತು ಉದ್ದ ಇವುಗಳನ್ನು ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈಗ ನಾವು ವಿವರಿಸುವುದು ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಆಗಸ್ಟಿನ್ ಜೀನ್ ಫ್ರೆಸ್ನೆಲ್ (1788-1827) 1815ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಿ ಅಳತೆಗಳ ತತ್ವವೇ. ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವನ್ನು ಒಡೆದು, ಕಿರಣದ ಒಡೆದ ಭಾಗಗಳ ನಡುವೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಪಥಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಿಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಒಂದು ಪಾರದರ್ಶಕ ಫಲಕ ಅಥವಾ ಪೊರೆಯ ಒಳಗಡೆಯ ಮತ್ತು ಹೊರಗಡೆಯ ಪಕ್ಕಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಈಗ ಹೆಚ್ಚು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸೋಣ. ಈ ವಿಷಯವು ಅದರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅದು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವುದರಿಂದಲೂ ಕುತೂಹಲಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ದ್ಯುತಿ ತರಂಗಗಳ ಮತ್ತು ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಅನೇಕ ಮುಖ್ಯವಾದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿದೆ.

ಚಿತ್ರ 2.5ರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಇಂತಹ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳ ನಡುವಣ ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ, ಅಂದರೆ, ಎರಡು ಕಿರಣಗಳು ಸಾಗುವ ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $x = 2d \cos r$ ಎಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ಈಗ ಏಳುವ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಕಿರಣಗಳ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಪಡೆಯುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದು. ಎರಡು ತರಂಗಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತವೆಯೋ ಅಥವಾ ದುರ್ಬಲಗೊಳಿಸುತ್ತವೆಯೋ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು ಇದೇ ತಾನೆ.

ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡು ವಾಚಕನು ಭಯಪಡದಿದ್ದರೆ, ನಾವು ಈ ವಿಷಯ



ಚಿತ್ರ 2.5

ವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಬಹುದು. ಅವಕಾಶದ ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ ಆಂದೋಲನವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು: $A \cos 2\pi\nu t$. φ ಕೋನವಷ್ಟು ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಈ ಕೋನವನ್ನು ಕೋಟಿಜ್ಯಾದ ಚರ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಕೂಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಒಂದೇ ತರಂಗದ ಪರಸ್ಪರ x ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿನ ಕಲಾಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಬೇಕಾದರೆ, ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೊಳಗೆ ಹಿಡಿಸುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಮತ್ತು ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು 2π ಇಂದ ಗುಣಿಸಬೇಕು. ಈ ಮೊತ್ತವೇ **ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸ.** ಹೀಗಾಗಿ $\varphi = 2\pi x/\lambda$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಫಲಕದಲ್ಲಿನ ಕಿರಣಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ. ಉಳಿದಿದ್ದೇನೆಂದರೆ ಅದನ್ನು λ ಇಂದ ಭಾಗಿಸುವುದು. ಆದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ತಾಳಿ - ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗಾಂತರವು ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪಾರದರ್ಶಕ ಫಲಕದಲ್ಲಿರುವುದೇ ಆಗಿದೆಯೆ? ದ್ಯುತಿ ತರಂಗವು ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದರೊಳಕ್ಕೆ ಸಾಗಿದಾಗ, ಅದು ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಈಡಾಗುವುದೆಂದು ಸಂಶಯ ಬರುತ್ತದೆ. ನಮಗೆ **ವರ್ಣ ವಿಕ್ಷೇಪಣ** ಗೊತ್ತಿದೆ - ಆಗ ಬೇರೆಬೇರೆ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಬೇರೆ

ಬೇರೆಯಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ, ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರದ ವೇಗ ಇವುಗಳು ಹೀಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ: $c = \nu\lambda$. ತರಂಗವು ಹೊಸ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದು? ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಕಾಯದಲ್ಲಿ ತರಂಗದ ಪ್ರಸಾರವೇಗವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಆಗ ಎರಡು ಮಾಧ್ಯಮಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಪರ್ಶಕ ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ತರಂಗವು ಓರೆಯಾಗಿ ಆಪಾತವಾದಾಗ ಅದರ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಮಾರ್ಪಡಿಸುವ ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕವು ಮಾಧ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿನ ದ್ಯುತಿ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗಗಳ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ವಾಯುವು ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿದ್ದರೆ, (ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಖಚಿತವಾಗಿ, ನಿರ್ವಾತವಾಗಿದ್ದರೆ)

$$n = \frac{c}{v}$$

ಆಗುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ c ಎಂಬುದು ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವೇಗ ಮತ್ತು v ಎಂಬುದು ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವೇಗ. ಈಗ ಪ್ರಶ್ನೆ ಏನೆಂದರೆ, ಬೆಳಕು ವಾಯುವಿನಿಂದ ಮಾಧ್ಯಮದೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ ಎರಡು ಪ್ರಸಕ್ತಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ (ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಥವಾ ತರಂಗಾಂತರ) ಯಾವುದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು ಎಂದು. ವ್ಯತಿಕರಣ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಕಲ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಫೋಟಾನ್‌ನ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ, ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕಕ್ಕೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವು ಊರ್ಜಿತವಾಗುವುದು:

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

ಇದರಲ್ಲಿ λ_0 ಎಂಬುದು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರ.

ಫಲಕ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳ ನಡುವಣ ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಬರೆಯಲು ಬೇಕಾದದ್ದೆಲ್ಲಾ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಗಾಜಿನಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸಿದ್ದರಿಂದ, ಕಲಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು

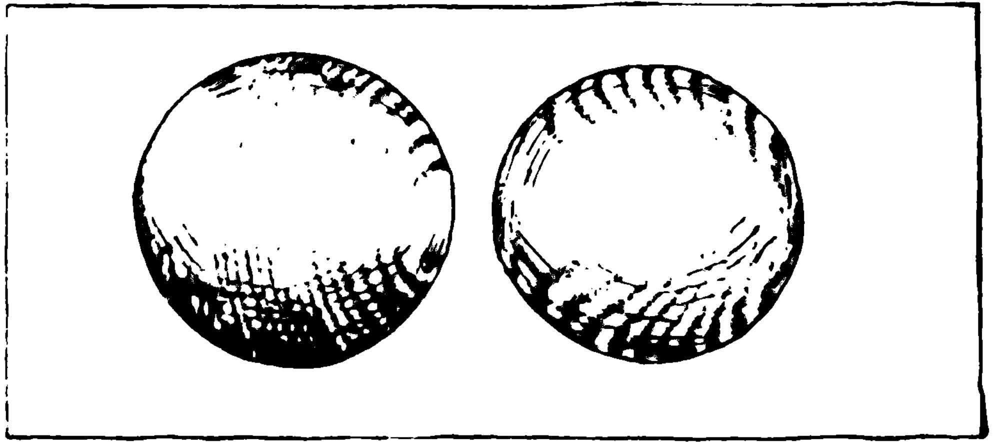
$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} nx = \frac{4\pi}{\lambda_0} nd \cos r.$$

ಫಲಕದಲ್ಲಿನ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ನಾವು ಏನನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು? ಸೂತ್ರವು ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ನಮಗೆ ಫಲಕದ ದಪ್ಪ ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ, ಪದಾರ್ಥದ ವಕ್ರೀಕರಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು. *n* ಗೊತ್ತಾದರೆ, ದಪ್ಪವನ್ನು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ (ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗಾಂತರದ ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳಷ್ಟು) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು.

ಫಲಕವು ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ದಪ್ಪವಿಲ್ಲದ್ದಾದರೆ ಮತ್ತು ಪದಾರ್ಥವು ಸಮರೂಪದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ, ಹಾಗೂ ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಫಲಕದ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಆಪಾತಕೋನವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ವ್ಯತಿಕರಣವು ಒಂದೇ ದಪ್ಪವಿರುವ ಪಟ್ಟೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವುದು. ಒಂದೇ ಮಟ್ಟವಿಲ್ಲದ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ, ಕತ್ತಲಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಬೆಳಗುವ ಪಟ್ಟೆಗಳ ವ್ಯೂಹವಿರುವುದು (ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನಿಂದಾದಾಗ ಅವು ಕಾಮನಬಿಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಬಣ್ಣಗಳಾಗಿರಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಣ್ಣದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮದೇ ಆದ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ). ಈ ಪಟ್ಟೆಗಳು ಸಮವಾದ ದಪ್ಪವಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಎಣ್ಣೆಯ ಪೊರೆಗಳು ಬಿದ್ದಾಗ ನಾವು ಕಾಣುವ ಬಣ್ಣಬಣ್ಣದ ಗೆರೆಗಳಿಗೆ ಇದೇ ವಿವರಣೆ.

ಸಾಬೂನಿನ ಪೊರೆಗಳು ಒಂದೇ ದಪ್ಪವಿರುವ ಬಹಳ ಅಂದವಾದ ಪಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಸರಳ ರೂಪದ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಕಟ್ಟನ್ನು ಮಾಡಿ, ಅದನ್ನು ಸಾಬೂನು ಕಲಕಿದ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿ ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆಯಿರಿ. ಸಾಬೂನಿನ ನೊರೆಗಳು ಜಾರಿ ಬಿದ್ದು ಹೋಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪೊರೆಯು ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೆಳುವಾಗಿರುವುದು. ಪೊರೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಬಣ್ಣದ ಪಟ್ಟೆಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ.

ಕಡಿಮೆ ದೂರಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ದೂರದಲ್ಲಿನ ಸಣ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿಧಾನಗಳು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುವು. ಅವುಗಳಿಂದ ದಪ್ಪದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ನೂರರ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಒಂದು ಹರಳಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟವಲ್ಲದ ಸ್ಥಾನಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣ ಅಳತೆಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 10^{-7} ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಅಷ್ಟರ ನಿಖರತೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 2.6

ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ದ್ಯುತೀಯ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಉತ್ಕೃಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾದರೆ ಫಲಕವು ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಟ್ಟವಾಗಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಜೊತೆಗೆ ಉಂಟುಮಾಡುವ ವಾಯುವಿನ ಬೆಣೆಯಿಂದಾಗುವ ಒಂದೇ ದಪ್ಪವಿರುವ ಪಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗುವುದು. ಎರಡು ಫಲಕಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಅದುಮಿದರೆ, ವಾಯುವಿನ ಒಂದು ಬೆಣೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದು. ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈಗಳೂ ಸಮತಲಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಸಮದಪ್ಪದ ರೇಖೆಗಳು ಸಮಾಂತರ ರೇಖೆಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ನಾವು ಪರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತಗ್ಗೋ ಅಥವಾ ಉಬ್ಬೋ ಇದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಸಮ ದಪ್ಪದ ರೇಖೆಗಳು ಬಾಗಿರುತ್ತವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ದೋಷವಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಚುಕ್ಕೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಬಾಗುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕಿನ ಆಪಾತಕೋನವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ ದೋಷವು ಉಬ್ಬೋ ಅಥವಾ ತಗ್ಗೋ ಎಂಬುದನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಪಟ್ಟೆಗಳು ಒಂದು ಪಕ್ಕಕ್ಕೋ ಅಥವಾ ಇನ್ನೊಂದು ಪಕ್ಕಕ್ಕೋ ಸರಿಯುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ವೀಕ್ಷಣಾ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೇಗೆ ಕಾಣುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.6 ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಚಿತ್ರನಮೂನೆಗಳೂ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ದೋಷವಿರುವುದನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವುವು. ಮೊದಲನೆಯದರಲ್ಲಿ ದೋಷವು ಬಲಗಡೆಯ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿದೆ. ಇನ್ನೊಂದರಲ್ಲಿ ಅದು ಎಡಗಡೆಯ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿದೆ.

ವ್ಯತಿಕರಣ ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕಮಾಪಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚಾದ ಅಂತರವಿರುವ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಈ ಉಪಕರಣಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರ ಪಥದಲ್ಲಿ l ಉದ್ದವು ಮತ್ತು n ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಾಯವಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಮಾಧ್ಯಮದ ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕವು n_0 ಆಗಿದ್ದರೆ, ದ್ವಿತೀಯ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\triangle = l\,(n-n_0)$ ಅಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ಒಂದು ನಾಭೀಕರಿಸುವ ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿಗೆ ತರಲಾಗುವುದು. ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಏನು ಕಾಣುವುದು? ಬೆಳಗುವ ಮತ್ತು ಕತ್ತಲಾದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ವ್ಯೂಹ ಒಂದು. ಆದರೆ ಇವು ಬರೀ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ನೋಡಲಾಗುವ ಸಮದಪ್ಪದ ಪಟ್ಟಿಗಳಲ್ಲ. ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಪಟ್ಟಿಗಳ ವ್ಯೂಹದ ಮೂಲವೇ ಬೇರೆ. ಇದು ಏಕೆಂದರೆ ದ್ವಿತೀಯ ಮೂಲ ಕಿರಣ ಜಾಲವು ಆದರ್ಶ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸಮಾಂತರವಾಗಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಗಲುವಿಕೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದ ಶಂಕು ಆಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸುವ ದ್ವಿತೀ ಕಿರಣಗಳು ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ.

ಒಂದೇ ಓಲಿರುವ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಒಂದೇ ವಿಧವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಮತ್ತು ಅವು ದೂರದರ್ಶಕದ ನಾಭಿ ಸಮತಲದ ಒಂದೇ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುವು. ಕಿರಣಜಾಲದ ವಿಭಕ್ತ ಭಾಗಗಳ ನಡುವಣ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಬದಲಾದರೆ, ಪಟ್ಟಿಗಳು ಚಲಿಸಲಾರಂಭಿಸುವುವು. ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\triangle$ ಅಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಆಗ $\triangle/\lambda$ ಪಟ್ಟಿಗಳು ದೂರದರ್ಶಕದ ಕಣ್ಣುಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಸಾಗುವುವು.

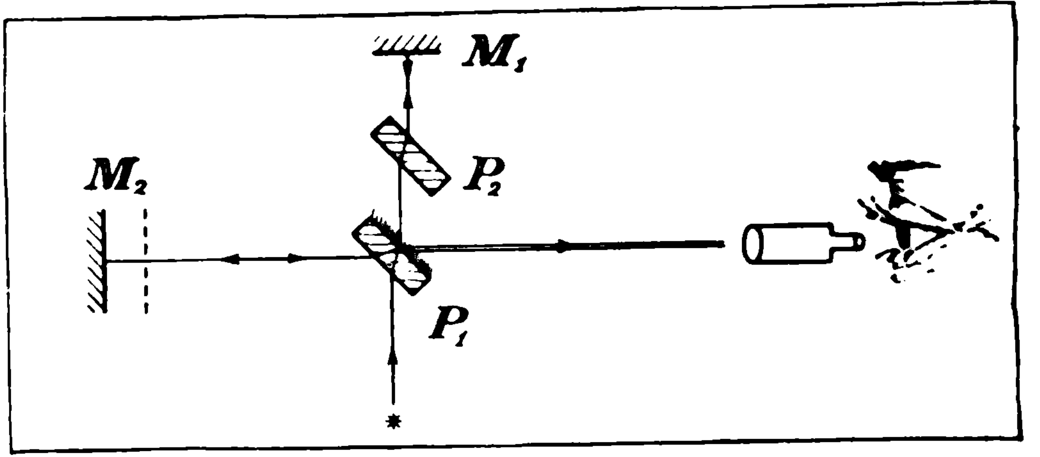
ಈ ಕಾರ್ಯರೀತಿಯು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದುದು, ಏಕೆಂದರೆ 0.1 ತಂಡದಷ್ಟು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ $\triangle = 0.1\lambda = 0.5\times10^{-5}$ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ $l = 10$ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್‌ಗಳ ದೂರದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ, ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕದಲ್ಲಿ 0.5×10^{-6} ಅಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವಕ್ರೀಕರಣ ಘಟನೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳದ ಬೇರೊಂದು ಬಗೆಯ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕವನ್ನು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಅಬ್ರಹಾಮ್ ಮೈಕಲ್ಸನ್ (1852-1931) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ (ಅಷ್ಟೇಕೆ, ಮಾನವ ಆಲೋಚನಾ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲೇ ಎಂದು ಹೇಳುವ ಸಾಹಸ ಮಾಡುತ್ತೇನೆ) ಈ ಉಪಕರಣದ ಪಾತ್ರದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಎಷ್ಟು ಹೇಳಿದರೂ ಅತಿಯಾಗದು. ಈ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದುದರಿಂದ ಒಂದು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯುಳ್ಳ ವಿಷಯವು ಪತ್ತೆಯಾಯ್ತು : ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿಯೂ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು ಎಂಬುದು.

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು! ಅಂದರೆ, ಒಂದು ತುಪಾಕಿ ಗುಂಡಿನ ವೇಗವನ್ನು, ತುಪಾಕಿಯನ್ನು ಹಿಡಿದುಕೊಂಡಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ವೇಗದೊಡನೆ ಸಂಕಲನ ಮಾಡುವ ನಿಯಮಗಳ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು (ಬೆಳಕಿನ ಹೊಳಪನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ) ದೀಪದ ವೇಗದೊಡನೆ ಸಂಕಲನ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಅಸಾಧಾರಣ ವಿಷಯದ ಪತ್ತೆಯು ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು ಮತ್ತು ಉದ್ದ, ಕಾಲ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಇಂತಹ ಮೂಲಭೂತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಭಾವನೆಗಳ ಅರ್ಥದ ಪುನರ್ವಿಮರ್ಶೆಗೆ ಕಾರಣವಾಯ್ತು. ಈ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ. **ಮೈಕಲ್ಸನ್ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕವು** ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿರುವುದು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನದ ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ಸರಳವಾದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಉದ್ದಗಳ ಮತ್ತು ದೂರಗಳ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಈಗಲೂ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆಯಾದ್ದರಿಂದ.

ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ, (ಚಿತ್ರ 2.7) ಗೆರೆಗಳನ್ನೆಳೆದಿರುವ ಕಡೆ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪಾರದೀಪಕ ಪದರವನ್ನು ಲೇಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಮಾಂತರ ಸಮತಲ ಫಲಕ P_1 ಮೇಲೆ ಏಕವರ್ಣೀಯ ಸಮಾಂತರ ಕಿರಣಜಾಲವೊಂದು ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಈ ಫಲಕವನ್ನು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಕ್ಕೆ 45° ಗಳ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಎರಡಾಗಿ ಸೀಳುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಆಪಾತ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ M_1 ಕನ್ನಡಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ M_2 ಕನ್ನಡಿಗೆ ಹೋಗುವುದು. ಹೀಗೆ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳೂ ಎರಡು ಕನ್ನಡಿಗಳ ಮೇಲೆ ಶೂನ್ಯ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪಾರದೀಪಕ ಫಲಕದಿಂದ ಅವು ಹೊರಕ್ಕೆ ಬಂದ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುವುವು. ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ



ಚಿತ್ರ 2.7

ಹಿಂತಿರುಗುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಿರಣವೂ ಪುನಃ ಎರಡಾಗಿ ಒಡೆಯಲ್ಪಡುವುದು. ದ್ಯುತಿಯ ಒಂದು ಭಾಗವು ದ್ಯುತಿಮೂಲಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗವು ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿರುವ ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಕಿರಣವು ಪಾರದೀಪಕ ಪದರವಿರುವ ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಎರಡು ಸಲ ಹಾಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ದ್ಯುತೀಯ ಪಥಗಳು ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ M_1 ಇಂದ ಬರುವ ಕಿರಣವನ್ನು ಮೊದಲನೆಯ ಫಲಕದಂತೆಯೇ ಇರುವ ಆದರೆ ಪಾರದೀಪಕ ಪದರದಲ್ಲಿರುವ P_2 ಎಂಬ ಸಮಕಾರಕವನ್ನೊದಗಿಸುವ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ದೂರದರ್ಶಕದ ದೃಷ್ಟಿಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಬಳೆಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ವಾಯು ಪದರದಲ್ಲಿ (ಇದರ ದಪ್ಪವು ಕನ್ನಡಿಗಳಿಗೂ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳು ಒಡೆಯುವ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ನಡುವಣ ದೂರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.) ಇವು ಶಂಕುವನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಮೂಲ ಕಿರಣಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಕನ್ನಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯು, ಒಂದು ತರಂಗಾಂತರದ ಕಾಲು ಭಾಗದಷ್ಟರ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ M_2 ಅನ್ನು ಒಡೆದಿರುವ ರೇಖೆಯ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ) ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು ಅಧಿಕತಮದಿಂದ ಅಲ್ಪತಮ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಇದು ಚಿತ್ರಾಕೃತಿಯು ಅರ್ಧ ವೃತ್ತದಷ್ಟು ಸರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ವೀಕ್ಷಕನು ಇದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಗೊತ್ತು ಹಚ್ಚಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ನೇರಿಳೆ ಬಣ್ಣದ

ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವು 1000 Å (ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ಗಳು)ಗಿಂತ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದು.

ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಆಗಮನವು ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿತು.

ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ತೇಲುತ್ತಿರುವ ಎಣ್ಣೆಯ ಪೊರೆಗಳ ಮೇಲೆ ವ್ಯತಿಕರಣ ಇಂದ್ರಧನುಸ್ಸು (ಕಾಮನಬಿಲ್ಲು) ಕಾಣಬರುವುದು. ಆದರೆ ಕಿಟಕಿಯ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ ಏಕೆಂಬುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನೀವು ಎಂದಾದರೂ ಕುತೂಹಲಗೊಂಡಿದ್ದೀರಾ? ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಮರೂಪವಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ಕಾಣುವುದು. ಎರಡು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಫಲಕದ ಒಂದು ಹೊರಗಡೆಯ ಮತ್ತು ಒಂದು ಒಳಗಡೆಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುವು. ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಕಿರಣಗಳು ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಫಲಕವು ತೆಳುವಾಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತಿಕರಣವು ಕಾಣಬರುವುದು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ನಾನು ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಳಿ ಅನೇಕ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಕಂಗೆಡಿಸಿರುವೆನು.

ವಿಷಯದ ಮುಖ್ಯಾಂಶವು ಇದು. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿಸರ್ಜನ ಕಾಲವು 10^{8} ಅಥವಾ 10^{9} ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದೇ ಒಂದು ವಿಸರ್ಜನಾ ಕ್ರಿಯೆಯು ಒಂದು ತರಂಗ ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆಮಾಡುತ್ತದೆ. ವಿಸರ್ಜನ ಕಾಲವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾದುದರಿಂದ, ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೂ ತರಂಗ ಶ್ರೇಣಿಯು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಉದ್ದ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಿರಣವನ್ನು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಸೀಳಿದಾಗ, ಒಂದೇ ತರಂಗ ಶ್ರೇಣಿಯ ಎರಡು ಭಾಗಗಳು ಮಾತ್ರ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಈಡಾಗಬಲ್ಲವು. ಅಂದರೆ, ಜ್ಯಾವಕ್ರದ ಒಂದು ಭಾಗವು ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಸೇರುವಂತಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ ಕಿರಣದ ಸೀಳುಗಳ ನಡುವಣ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ತರಂಗ ಶ್ರೇಣಿಯ ಉದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಷರತ್ತು ಮೈಕ್ರಾನ್-ತೆಳುವಾಗಿರುವ ಪೊರೆಯಲ್ಲಿ ಪಾಲಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಕಿಟಕಿ ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲ. ಈ ಉತ್ತರವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಕೊಡಬೇಕಾಗಿತ್ತು.

ವ್ಯತಿಕರಣವು ಕಾಣಬರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಕಿರಣಗಳ ನಡುವಣ ಪರಮಾವಧಿ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ **ಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಉದ್ದ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ, ಇದು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಒಂದು ಭಿನ್ನಾಂಶದಷ್ಟು ಇರುವುದು.

ಲೇಸರ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಎಷ್ಟು ತೀವ್ರವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಗಮನಿಸಿ. ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಕ್ರಿಯೆಯು ಲೇಸರ್ ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಒಂದೇ ಕಾಲದೊಡನೆ ಹೊರಡುವ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ, ತರಂಗ ಪರಿಭಾಷೆಯನ್ನು ಬಳಸಿವರೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ತರಂಗ ಶ್ರೇಣಿಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಸೇರುವೆಯಾಗಿ, ಒಂದೇ ತರಂಗದಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಉದ್ದವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅಪರಿಮಿತವಾಗುವುದು; ಹೇಗಾದರೂ, ಅದರ ಪರಿಮಾಣವು ಮೀಟರುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದು (ಯಾವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಆಗಲಿ, ಆದರ್ಶ ಸ್ಥಿತಿಯು ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ, ಆದರೆ ಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಉದ್ದದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವ ವಿವಿಧ ಅಂಶಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತರಿಸುವುದಿಲ್ಲ).

ಲೇಸರ್ ದ್ಯುತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ಇದುವರೆಗೂ ಪರಿಹರಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಾಧಾರಣ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವೊಂದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಮೈಕಲ್ಸನ್ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿನ ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ದೂರಗಳಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಸರಿಸಬಹುದು. ಈಗ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವು ಲೇಸರ್ ಒಂದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದ್ದರೆ, M_1 ಕನ್ನಡಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಕಿರಣವನ್ನು ಹಲವಾರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರು ಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು M_2 ಇಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಕಿರಣದ ಪಥವು ಹತ್ತಾರು ಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆಯೂ ಮಾಡಬಹುದು.

ತಾಳೆ ನೋಡುವ ಒಂದೇ ಮೇಲ್ಮೈ ಇರುವ ಮಸೂಗಳ ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಲ್ಲ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು, ಸಾಧಾರಣ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೋ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮಸೂ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಯಾವುದೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ, ತಾಳೆ ಮಾಡಿ ನೋಡುವ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಮಾದರಿಯನ್ನೂ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುವುದು (ಇದು ಏಕೆಂದರೆ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯ ನೆರವೇರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗು ವುದಿಲ್ಲ), ಆದರೆ ಇದರಿಂದ ವ್ಯತಿಕರಣ ಚಿತ್ರಾಕೃತಿಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿಯೂ, ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದಲೂ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಏನೂ ಹೇಳಿದಂತಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರ ದ್ಯುತಿಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಪ್ರತೀಕಾರ ಕೊಡದೆ ಮುಂದುವರಿಸುವುದರ

ಸಾಧ್ಯತೆಯಿಂದಾಗಿ, ಒಂದು ಪೂರ ಹೊಸ ವಿಧದ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕವನ್ನು ರಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಅನೇಕಬಗೆಯ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳು, ಭೂವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸರಿತ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಆಂದೋಲನಗಳು ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಬಹಳ ದೂರಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಲೇಸರ್ ದ್ಯುತಿಯನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ದ್ಯುತಿಯೊಡನೆ ವ್ಯತಿಕರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳ ಚಲನೆಯ ವೇಗದ ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

ಲೇಸರ್ ಸಲಕರಣೆಗಳು

ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಒಂದು ಉಪಕರಣವೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ವಿಶ್ಲೇಷಣ, ನಿಯಂತ್ರಣ ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇತರ ದ್ಯುತೀಯ ಉಪಕರಣಗಳಂತಲ್ಲದೆ, ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವುದು. ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಬಳಕೆಯು ಇಷ್ಟು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಪುನಃ ಪುನಃ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಬರುತ್ತೇವೆ. ಈ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿವಿಧ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೇಲಿನ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅಗ್ಗವಾಗಿರುವ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಲೇಸರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಈ ಲೇಸರ್‌ನ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂನೊಡನೆ ಮಿಶ್ರಿತವಾದ ಗಾಜು, -50 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರುಗಳ ಉದ್ದವೂ 4 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವೂ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಕಂಬಿ. ಪಂಪಿಂಗ್ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವ ದ್ಯುತಿ ಸ್ಫುರಣವನ್ನು ಕ್ಸೆನಾನ್ ದೀಪವು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ದ್ಯುತೀಯ ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ, ದೀಪ ಮತ್ತು ಕಂಬಿ ಇವೆರಡನ್ನೂ ನೀರಿನಿಂದ ತಂಪು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಉರುಳೆಯಾಕಾರದ ಗೂಡಿನಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಿಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಧದ ಉಪಕರಣ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಸದೃಶವಾಗಿರುವ ಇತರ ಉಪಕರಣಗಳ ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಗುಣಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವುವು: ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವುದರ ಸಾಧ್ಯತೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ತಂಡಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುವುದರ ಸಾಧ್ಯತೆ ಮತ್ತು ತಂತಿಗಳ ಅಥವಾ ಸಂಪರ್ಕಗಳ ಉಪಯೋಗವಿಲ್ಲದೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತಲುಪಿಸುವುದರ ಸಾಧ್ಯತೆ.

ಗಡಿಯಾರ ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಗಡಿಯಾರದಲ್ಲಿ ರತ್ನಶಿಲೆಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಇವು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಮಾಣಿಕ್ಯದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುವು; ಮಾಣಿಕ್ಯಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಗಡಿಯಾರದ ಗುಣಮಟ್ಟ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಮಾಣಿಕ್ಯದ ಪುಟ್ಟ ಬಿಲ್ಲೆಗಳಲ್ಲಿ ತೂತುಗಳನ್ನು ಕೊರೆಯಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಬಳಸದಿದ್ದರೆ, ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ರತ್ನಶಿಲೆಗೂ ಹಲವಾರು ನಿಮಿಷಗಳು ಹಿಡಿಯುತ್ತವೆ. ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ತಾನೇತಾನಾಗಿ ನಡೆಯುವುದು ಮತ್ತು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಒಂದು ಭಿನ್ನಾಂಶದಷ್ಟು ಕಾಲ ಹಿಡಿಯುವುದು. ಮತ್ತು ಈ ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ವರ್ಷ ಅನೇಕ ಲಕ್ಷಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ, ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಲಾಭವು ಮಹತ್ತರವಾದುದಾಗಿರುವುದು.

ವಜ್ರ ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಲೇಸರ್ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ವಜ್ರಗಳನ್ನು ಕೊರೆಯುವುದು ಮತ್ತು ತೂತುಮಾಡುವುದನ್ನು ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮಾಡಬಲ್ಲವು. ಲೇಸರ್‌ಗಳು ವಜ್ರವನ್ನು ಯಾವ ಆಕಾರಕ್ಕಾದರೂ ಕೊರೆಯಬಲ್ಲವು ಅಥವಾ ಅದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳಷ್ಟು ಸಣ್ಣದಾದ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲವು.

ಆದರೆ ಗಡಿಯಾರಗಳಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಲೇಸರ್ ಸ್ಪ್ರಿಂಗನ್ನು ಗಡಿಯಾರದ ಯಂತ್ರಾವಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಬೆಸೆಯಬಲ್ಲುದು. ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಯ ಬೆಸುಗೆಯು ಅವಶ್ಯಕವಾದಾಗೆಲ್ಲಾ — ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯು ಯಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇಮ ದಿನವಹಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿರುವುದು — ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳನ್ನು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳೊಡನೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸೂಜಿಯಷ್ಟು ತೆಳುವಾದ ಈ ಕಿರಣದ ದೊಡ್ಡ ಅನುಕೂಲವೇನೆಂದರೆ ಬೆಸೆಯಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಘಟಕಾಂಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಇತರ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿಯೂ ತಂಪಾಗಿಯೂ ಇಡಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥದ ಮೇಲೆ ಎಂತಹ ಚಿತ್ರಾಕಾರವನ್ನು ಬೇಕಾದರೂ ಕೆತ್ತಲು ಒಂದು ಚಾಕುವಿನಂತೆ ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಸರ್ವೇಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಕೆಲವು ಅಪರೂಪವಾದ ಕಸಬುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಆಕ್ರಮಣಮಾಡಿವೆ. ಅಮೃತಶಿಲೆಯ ಶಿಲ್ಪಕೃತಿಗಳ ಜೀರ್ಣೋದ್ಧಾರ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ವಾಯುಮಂಡಲವು ಅತ್ಯಂತ ಮಾಲಿನ್ಯದಿಂದ ಕೂಡಿದೆ ಎಂಬುದು ದೌರ್ಭಾಗ್ಯ.

ಅನೇಕ ಜಾತಿಯ ವಿಷಪ್ರಾಂತ ಆಸಿಡ್‌ಗಳು, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸಲ್ಫರ್ ಆಕ್ಸೈಡ್, ಅಮೃತಶಿಲೆಯ ಮೇಲೆ ಕಪ್ಪಾದ ಗಟ್ಟಿ ಹೊರಪದರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪದರವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತೇವವನ್ನೂ, ಹೆಚ್ಚು ಅಪಾಯಕಾರಿಯಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನೂ ಅಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಒಂದು ಸ್ಪಂಜಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಅಥವಾ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಈ ಪದರವನ್ನು ತೆಗೆದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಶಿಲ್ಪಕೃತಿಯು ನಾಶವಾಗುವುದು - ಸ್ಪಂದಿತ ಕ್ರಿಯಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಲೇಸರ್ ಪದರವನ್ನು ಅದರ ಕೆಳಗಿರುವ ಅಮೃತ ಶಿಲೆಯನ್ನು ಕೆಡಿಸದೆ ತೆಗೆಯಬಲ್ಲುದು.

ಮೂಸೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸದೆ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು. ಇದು ಹೊಸ ವಿಧಾನವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ, — ಆದರೆ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದ ತಾಪೀಯ ವಾಹಕತ್ವವುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲ. ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ನಿಯೋಬೇಟ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಹರಳುಗಳನ್ನು (ಮೂಸೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸದೆ) ಬೆಳೆಸುವುದಕ್ಕೆ ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಯ ಕಲೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗಾಗಿ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಮೂಸೆಗಳಿಲ್ಲದೆ ಬೆಳೆಸುವುದರ ಅಗತ್ಯವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಹೇಳಿದರೂ ಸಾಲದು. ಏಕೆಂದರೆ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ಭಾಗಗಳಷ್ಟರ ಅಶುದ್ಧತೆ ಕೂಡ ವಿರುದ್ಧ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಒಂದು ಮೂಸೆಯಲ್ಲಿ ಅಪಾಯಕಾರಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೂಸೆಯ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಹರಳಿನೊಳಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದನ್ನು ತಡೆಯುವುದು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹರಳುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಂತೆಯೇ, ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕರಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಹರಳಿನ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ತರುತ್ತದೆ. ಹರಳುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಪ್ರಾಯಶಃ ಇತರ ವಿಧಾನಗಳನ್ನೂ ಬದಿಗೊತ್ತುವುದೆಂದು ನನಗೆ ತೋರುವುದು.

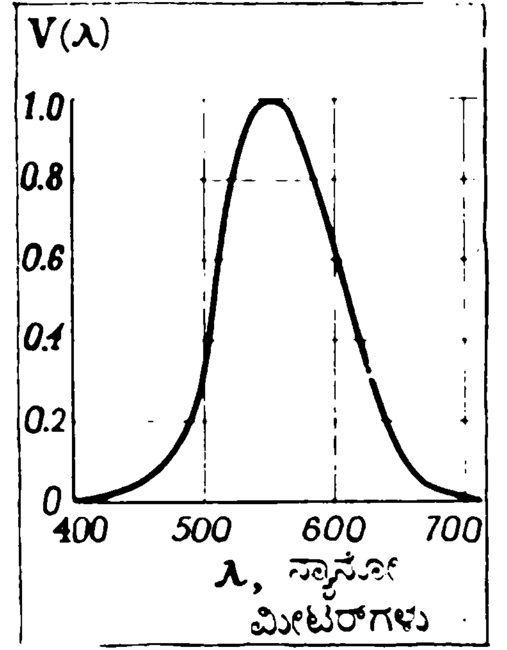
ಪ್ರಕಾಶಮಿತಿ

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವನ್ನೂ ಅದು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಲಕ್ಷಣಾ ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಶಕ್ತಿಯ ಅಭಿವಾಹದಲ್ಲಿನ ದೃಷ್ಟಿ ಗೋಚರವಾದ ಅರಿವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವುದು. ನಾವು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಇದು ಸುಮಾರು 380 ಮತ್ತು 780 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರುಗಳ ನಡುವಣ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಅಭಿಲಕ್ಷಣವಾಗಿದೆ.

ನಮ್ಮ ಮಿದುಳಿನಿಂದ ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ಯುತಿಗೆ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಬಣ್ಣ ಇವು ಅಭಿಲಕ್ಷಣಗಳಾಗಿವೆ. ಒಂದೇ ಕಾಂತಿತೀವ್ರತೆ, ಆದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರಗಳುಳ್ಳ, ಬೆಳಕಿನಿಂದುಂಟಾದ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಸಂವೇದನೆಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ, 555 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರುಗಳ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಬೆಳಕನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕಾಂತಿಯುತವಾದುದು ಎಂದು ಕಣ್ಣು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಇದು ಹಸುರಾಗಿರುವುದು.

ಚಿತ್ರ 2.8ರಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಯ ಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು **ದೃಶ್ಯತೆ** (ಅಥವಾ **ಜ್ಯೋತಿ**) **ವಕ್ರದ** ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದು (ಸಾಪೇಕ್ಷ ಏಕಮಾನಗಳಲ್ಲಿ) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಸಹಜ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮನುಷ್ಯ ಕಣ್ಣಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳು ಈ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸುವರು ಮತ್ತು ಸಮಗ್ರ **ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆ** ನಿರ್ಣಯವನ್ನು ಮನುಷ್ಯ ಕಣ್ಣಿಗೇ ಬಿಟ್ಟುಬಿಡುತ್ತಾರೆ. ಹಾಗಿರುವಾಗ, ಮೊದಲು ಮಾಡಬೇಕಾದುದು ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ಆಯ್ಕೆ. ಆಮೇಲೆ ಇತರ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಈ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಮೂಲದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಬೇಕು. ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು **ಕ್ಯಾಂಡಲ್** ಆಗಿದ್ದಿತು, ಏಕೆಂದರೆ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತವಾದ ಮೊಂಬತ್ತಿಯ (ಕ್ಯಾಂಡೆಲ್‌ನ) ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಯ್ತು. ಇದು ಸುಲಭವಾದ ಕೆಲಸವೇನೂ ಅಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಇಂದು ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಮಾನವು ಒಂದು ಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಪ್ಪು ಕಾಯ. ಪದಾರ್ಥವು ಪ್ಲಾಟಿನಂ. ಕಪ್ಪು ಕಾಯವು ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿಗೆ, ಅಥವಾ



ಚಿತ್ರ 2.8

1769°C ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ, ಕಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ವಿಕಿರಣಮಾಡಿದ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ.

ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯ ಏಕಮಾನವು **ಕ್ಯಾಂಡೆಲಾ** (ಇದು ಕ್ಯಾಂಡೆಲ್ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಭಾಷೆಯ ಪದ). ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ಸಂದೀಪ್ತಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಏನೂ ನೇರವಾದ ಸೂಚನೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವುದಿಲ್ಲ. (ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡಬಹುದಾದ ದೋಷಗಳಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದೆ). ಕ್ಯಾಂಡೆಲಾವನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗಿದೆ: ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುತ್ತಿರುವ ಪ್ಲಾಟಿನಂಅನ್ನು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, $(1/6) \times 10^5$ ಚದರ ಮೀಟರುಗಳ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಯಾಂಡೆಲಾಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ.

ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯ ಮತ್ತು ಅದರ ಏಕಮಾನದ ನಿರ್ದೇಶನವು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾಗುವಷ್ಟು ಪುರಾತನವಾದುದಾಗಿರುವುದು. ತಜ್ಞರು ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರುವರು ಮತ್ತು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ಹೊಸ ಆಧಾರವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುವುದೆಂದು ಆಶಿಸುವರು: ಶಕ್ತಿಯ ಅಳತೆಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಜ್ಯೋತಿವಕ್ರ. ಆಗ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೆ

ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಈ ಎರಡು ಹಂಚಿಕೆಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸುವುದರಿಂದ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಎರಡು ಫಲನಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ಸಮಾಕಲನ ಮಾಡಿದರೆ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯ ಒಂದು ಮಾನವು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಸಮಾಕಲ ಗಣಿತದ ಪರಿಚಯವಿಲ್ಲದ ವಾಚಕನಿಗಾಗಿ ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ಮತ್ತೆ ಹೇಳಬಹುದು: ವರ್ಣಪಟಲದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಕಾಂತಿ ಗುಣಕಗಳಿಂದ ಗುಣಿಸಿ ಮತ್ತು ಗುಣಲಬ್ಧಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ.

ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಇದೇ ಅನುಕೂಲವಾದ ಪ್ರದೇಶ. ಈ ಬಿಂದುರೂಪದ ಮೂಲದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಗೋಳವನ್ನು ರಚಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ S ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸೋಣ. S ಅನ್ನು ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಇರುವ ದೂರದ ವರ್ಗದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ, ಘನಕೋನ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಭಾಗಲಬ್ಧವು ದೊರೆಯುವುದು. ಘನಕೋನದ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು ಸ್ಟೆರೇಡಿಯನ್. ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದದ ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಗೋಳದ ಮೇಲೆ $S = 1$ ಚದರ ಮೀಟರ್ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದರೆ, ಘನಕೋನವು ಒಂದು ಸ್ಟೆರೇಡಿಯನ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗುವುದು.

ಜ್ಯೋತಿ ಅಭಿವಾಹ ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬಿಂದು ರೂಪದ ಮೂಲದ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಘನಕೋನದಿಂದ ಗುಣಿಸುವುದರ ಗುಣಲಬ್ಧ.

ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ಕಿರಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳುವಾಗ ಜ್ಯೋತಿ ಅಭಿವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದು (ಅಳಿಸಿಹೋಗುವುದು) ಎಂಬ ವಿಷಯದಿಂದ ಕ್ಷೋಭೆಗೊಳ್ಳಬೇಡಿ. ಇದು ಏಕೆಂದರೆ ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಜ್ಯೋತಿ ಅಭಿವಾಹವೆಂಬ ಭಾವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಜ್ಯೋತಿ ಅಭಿವಾಹದ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು **ಲ್ಯೂಮೆನ್**, ಇದು ಒಂದು ಕ್ಯಾಂಡೆಲಾ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಬಿಂದುರೂಪದ ಮೂಲವು ಒಂದು ಸ್ಟೆರೇಡಿಯನ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಕೋನಕ್ಕೆ ಮುಟ್ಟಿಸುವ ಅಭಿವಾಹಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಬಿಂದುವು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಸಮಗ್ರ (ಒಟ್ಟು) ಜ್ಯೋತಿ ಅಭಿವಾಹವು 4π ಲ್ಯೂಮೆನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯು ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲಕ್ಕೆ, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ, ಅವಲಂಬಿಸಿದರೆ,

ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶನ ಕೋನವುದು. ಆದರೂ, ಹರಿಗಾಮಿಷ್ಠ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ವಿಸ್ತಾರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ, ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ **ಪ್ರಭೆ (ಪ್ರಕಾಶ)** ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಇದು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಲ್ಲಿನ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆ. ಪ್ರಭೆಯನ್ನು ಸ್ಟಿಲ್ಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು: ಒಂದು ಸ್ಟಿಲ್ಬ್ ಪ್ರತಿ ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಒಂದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕ್ಯಾಂಡೆಲಾಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದೇ ಆದ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವು, ಅದನ್ನು ಎಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನನುಸರಿಸಿ ತೆರೆದಿರುವ ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದು ಪುಟಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ದ್ಯುತೀಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ವಾಚಕನಿಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಇಳಿಬೀಳಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಿಸುವ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಪ್ರದೀಪ್ತಿ. ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯ ನಿರ್ದೇಶನವು ಹೀಗಿರುವುದು: ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಬಿಂದುರೂಪದ ಮೂಲದಿಂದ ಇರುವ ದೂರದ ವರ್ಗದಿಂದ ಭಾಗಿಸಬೇಕು. ವರ್ಗವೇಕೆ? ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಘನಕೋನದೊಳಗೆ ದ್ಯುತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ಸೂಸುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ನಾವು ಎಷ್ಟೇ ದೂರ ಸರಿದರೂ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಗೋಳದ ಮತ್ತು ಘನಕೋನದಿಂದ ಛೇದಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅದರ ಭಾಗದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಗಳು, ದೂರದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತವೆ. ಈ ಸರಳ ವಿಧಿಗೆ **ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ ವರ್ಗನಿಯಮವೆಂದು** ಹೆಸರು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ದೀಪದಿಂದ ಪುಸ್ತಕದ ದೂರವನ್ನು 1 ಮೀಟರಿನಿಂದ 10 ಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಪುಟದ ಮೇಲಿನ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯು ಒಂದು ನೂರರ ಅಪವರ್ತನದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು **ಲಕ್ಸ್**. ಇದು ಒಂದು ಚದರಮೀಟರಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಲ್ಯೂಮೆನ್‌ನಷ್ಟು ದ್ಯುತೀಯ ಅಭಿವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರದೀಪ್ತಿ.

ಚಂದ್ರನಿಲ್ಲದಿರುವ ಒಂದು ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯು 0.0003 ಲಕ್ಸ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಹುಣ್ಣಿಮೆಯ ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯು 0.2 ಲಕ್ಸ್‌ನಷ್ಟು ಆಗಬಹುದು. ಹಿತಕರವಾಗಿ ಓದುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಕ್ಕೆ 30 ಲಕ್ಸ್ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಚಲನಚಿತ್ರ ದೃಶ್ಯಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ತೆಗೆಯುವಾಗ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯನ್ನು 10 000 ಲಕ್ಸ್‌ವರೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯುತ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು.

ಇದುವರೆಗೂ ದ್ಯುತಿಯ ಅಭಿವಾಹಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯನ್ನೂ ಅಳತೆ

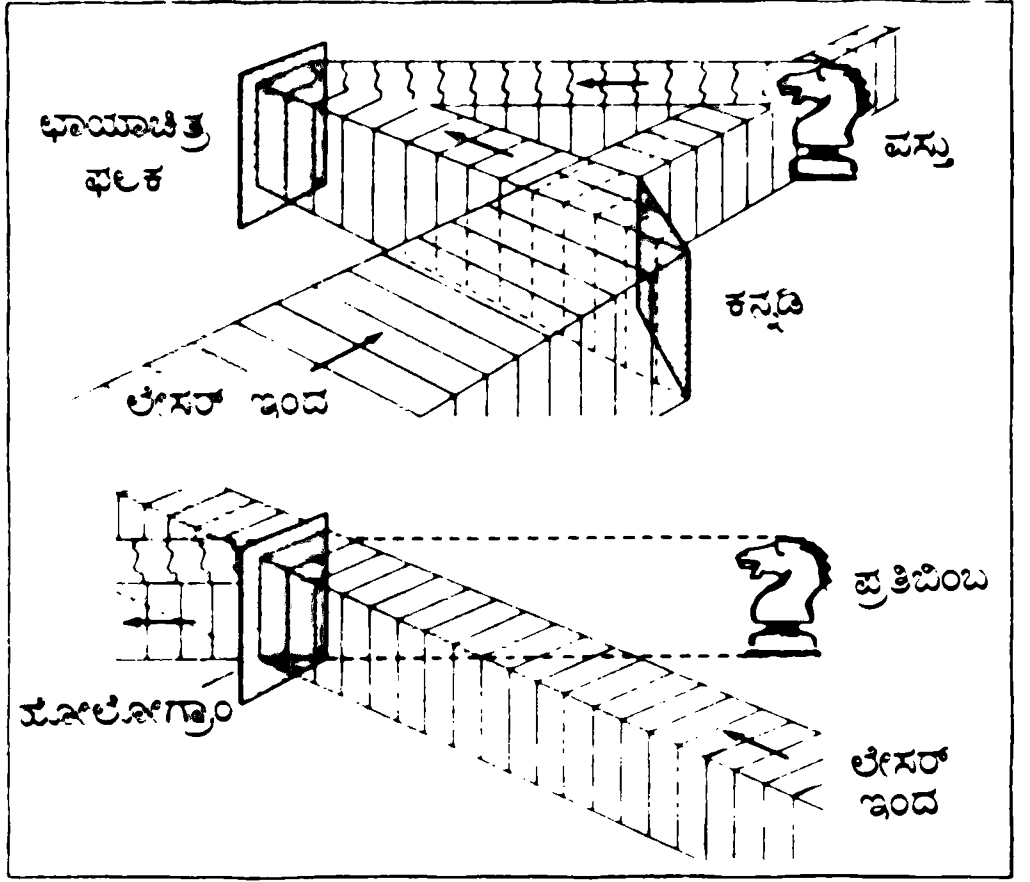
ಮಾಡುವ ಉಪಕರಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಏನೂ ಹೇಳಿಲ್ಲ. ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಅಳತೆಗಳ ನೆರವೇರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸಮಸ್ಯೆಯೂ ಇಲ್ಲ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಕ್ಯಾಂಡೆಲಾಗೆ ಹೊಸ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಕೊಡುವಾಗ ನಾವು ವ್ಯವಹರಿಸಿದಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿ, ದೃಶ್ಯತೆ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಲಕ್ಸ್ ಏಕಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅಂಶಾಂಕಿತ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಪ್ರಕಾಶಮಾಪಕಗಳ ಕಾರ್ಯ ರೀತಿಯು ಪಕ್ಕ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಸಂದೀಪ್ತಿಗೊಳಗಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪ್ರಭೆಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸುವ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿರುವುದು. ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಬೆಳಕನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿದೆ; ಸರಳವಾದ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಎರಡು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳೂ ಒಂದೇ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವವರೆಗೂ ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲಿನ ದ್ಯುತಿಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಗೊತ್ತಾದ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು.

ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿ

ಲೇಸರ್‌ಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವು ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಅಧ್ಯಾಯವನ್ನು ತೆರೆದಿದೆ. ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಹೊಸ ದೃಶ್ಯಗಳನ್ನು ಬಹಿರಂಗಪಡಿಸದಿರುವ ವಿದ್ಯಾ ಶಾಖೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯ.

1947ರಲ್ಲಿ ಡೆನ್ನಿಸ್ ಗ್ಯಾಬರ್ (1900) ಎಂಬಾತನು ವಸ್ತುಗಳ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳನ್ನು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಗ್ರಹಣದಿಂದ ಬೇರೆಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಿದನು. ಈ ನವೀನ ತಂತ್ರಕ್ಕೆ ***ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿ*** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಅದರ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳೇ ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದವು. ನಾವು ಪುನಃ ಒತ್ತಿ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ: ಲೇಸರ್ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಎಲ್ಲಾ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳೂ ತಮ್ಮ ಎಲ್ಲಾ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅಂದರೆ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ, ಕಲ, ಧ್ರುವಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರ ದಿಕ್ಕು ಇವುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಚದುರುವುದು ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದ ಬಹಳ ದೂರಗಳವರೆಗೆ ಸಾಗಗೊಡಬಹುದು; ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳು ಬಹಳ



ಚಿತ್ರ 2.9

ದೊಡ್ಡದಾದ ಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಉದ್ದದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ದೊಡ್ಡದಾದ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಎರಡು ಬೇರ್ಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣವು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಿಂದಲೇ. (ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ವಿಶೇಷ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯುಳ್ಳದ್ದು).

ಒಂದು ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.9ರ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಅಗಲವೂ ಮತ್ತು (ವಸ್ತುವಿಗೆ ಹಾನಿಯುಂಟಾಗದಿರುವುದಕ್ಕಾಗಿ) ದುರ್ಬಲವೂ ಆದ ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದೇ ಕಿರಣಜಾಲವು ವಸ್ತುವಿನಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಪರಾಮರ್ಶೀಯ ತರಂಗ ಒಂದನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯಿಂದಲೂ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಈ ಎರಡು ತರಂಗಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಸೇರುವುವು.



ಚಿತ್ರ 2.10

ವ್ಯತಿಕರಣವೇರ್ಪಡುವುದು, ಮತ್ತು ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯನ್ನು ಒಂದು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಗುರ್ತಿಸಲಾಗುವುದು.

ಚಿತ್ರ 2.10ರ ಕಡೆಗೆ ಕಣ್ಣು ಹಾಯಿಸಿ, ವಸ್ತುವನ್ನು ಮೇಲುಗಡೆ ತೋರಿಸಿದೆ, ''ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು'' ಕೆಳಗಡೆ ತೋರಿಸಿದೆ. ಹೌದು, ಇದೇ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ. ಅದು **ಹೋಲೋಗ್ರಾಂ** ಎಂದು ಹೇಳುವ ಕಪ್ಪಾದ ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶವಾದ ಬಳೆಗಳ ಒಂದು ಜಟಿಲವಾದ ಸಂಯೋಜನೆ. ಅದು ದಿಟವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೇ, ಆದರೆ ಗುಪ್ತ (ಮರೆಯಾಗಿರುವ) ಪ್ರತಿಬಿಂಬ. ವಸ್ತುವಿನ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರಗಳು ಹೋಲೋಗ್ರಾಂನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿವೆ; ಚದುರಂಗದ ಕಾಯಿಗಳಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರಗಳು ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ತ. ಛಾಯಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ವಿವರಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ತಮವಾದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವು ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಎಲ್ಲಾ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನೂ

ನಿಖರವಾಗಿ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗವು ಅದರ ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ (ಚಲನ ವೈಶಾಲ್ಯ) ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಅದರ ಕಲಾದಿಂದಲೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಹೋಲೋಗ್ರಾಂ ಒಂದು ವ್ಯತಿಕರಣ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಕಾಶವಾದ ಅಥವಾ ಕಪ್ಪಾದ ರೇಖೆಯೂ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ಬರುವ ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳ ಕಲಾವನ್ನೂ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಸಾಧಾರಣ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದಂತೆಯೇ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ಕೂಡ ಸ್ಫುಟಗೊಳಿಸಿ, ಸ್ಥಾಯಿ ಮಾಡಿ, ಎಷ್ಟು ಕಾಲದವರೆಗೆ ಬೇಕಾದರೂ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಡಬಹುದು. ನಮಗೆ ಬೇಕಾದಾಗ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ಅದೇ ಲೇಸರ್‌ನ ದ್ಯುತಿಯಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿ ವಸ್ತುವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.9ರ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಮೊದಲಿದ್ದ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಪುನರ್ರಚಿಸಲಾಗುವುದು. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಕಿರಣಜಾಲದ ದಿಕ್ಕನ್ನುಂಟಾಗಿರುವುದು. ಆಗ ವಸ್ತುವು ಹಿಂದೆ ಇದ್ದ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣಬರುವುದು ಮತ್ತು ಆದರ್ಶ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಂಡ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಹೋಲೋಗ್ರಾಂಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬ ವಿಷಯದ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಗೆ ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇಲ್ಲಿ ಆಧಾರಭೂತವಾದ ಭಾವನೆ ಏನೆಂದರೆ, ಹೋಲೋಗ್ರಾಂ ಒಂದನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ, ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿದ ತರಂಗಗಳ ಚಲನ ವೈಶಾಲ್ಯ ಮತ್ತು ಕಲಾಗಳನ್ನೇ ಉಳ್ಳ ಚದರಿಸಿದ ತರಂಗಗಳು ಏರ್ಪಡುವುವು ಎಂಬುದು. ಈ ತರಂಗಗಳು ಒಂದುಗೂಡಿ, ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿದ ತರಂಗಾಗ್ರಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಒಂದು ತರಂಗಾಗ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು. ಇಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಸಂಭವವು ಇಷ್ಟೆ: ವಸ್ತುವನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ ತರಂಗದ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಪುನರ್ರಚನೆಯೇರ್ಪಡುವುದು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಲೇ ಇದೆ. ಈಗ ನಾವು ಬಣ್ಣದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕೋನಗಳಿಂದ

ಹಲವಾರು ಹೋಲೋಗ್ರಾಂಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮವಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, (ಪ್ರಾಯಶಃ ಇದು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ) ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಬಳಕೆ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ಹೋಲೋಗ್ರಾಂಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯನ್ನು ವಿವರಗಳೊಡನೆ ನಿರೂಪಿಸುವ ಪುಸ್ತಕಗಳಿವೆ. ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಡಲು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಚಯನ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿಧಾನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ನಾವು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಅರ್ಹವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ನಡೆಯಲಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯನ್ನು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಹೊಸ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಮನೆಯೊಳಕ್ಕೂ ತರುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ.

3. ಗಟ್ಟಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣ

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದು

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಎಂಬುದು ಸುಮಾರು ಹತ್ತಾರು ನ್ಯಾನೋಮೀಟರುಗಳಿಂದ 0.01 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರ್‌ವರೆಗಿನ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಪದ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಗಟ್ಟಿಯಾದ (ಅಂದರೆ, ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಯಾದ ತರಂಗಾಂತರಗಳು) ಕಿರಣಗಳಿಗೆ **ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳ ಹೆಸರು ಉಚಿತವಾಗಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದವು. ಈ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭಾಗವನ್ನೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಪದವು ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು ಸ್ವಲ್ಪವೇ, ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದೊಡನಿರುವ ಸಂಬಂಧವೇ ಹೆಚ್ಚು. ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ "ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಭಿವಾಹವು ಒಂದು ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಸಂಭವಿಸುವ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಗಿರುವುದು.

ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್ ಕಾನ್‌ರಾಡ್ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ (1845-1923) ಎಂಬಾತನು 1895ರ ನವೆಂಬರ್ 8ರಂದು ಈ ಜಾತಿಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಆಗಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ, ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿನ ಅನೇಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿದ ಗಾಜಿನ ನಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ (ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದ ಚಿತ್ರ 2.6ರಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ) ಉದ್ಭವಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದ್ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಬೆಸೆದು ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ನಳಿಕೆಯ ಋಣ ಧ್ರುವದಿಂದ ಯಾವುದೋ

ಜಾತಿಯ ಕಿರಣಗಳು ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವುವು ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಹಿಂದಿನಿಂದಲೇ ಅನುಮಾನಿಸಲಾಗಿತ್ತು. 19ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧಕರು ನಳಿಕೆಯೊಳಗೆ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ಗಾಜಿನ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡಿದ್ದರು. ಯೋಹಾನ್ ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್ ಹಿಟ್ಟಾರ್ಫ್ (1824-1914) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ವಿಲಿಯಂ ಕ್ರೂಕ್ಸ್ (1832-1919) ಎಂಬ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಇವರುಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಾಗಿ ಇವು ತಮ್ಮ ಪಥಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಒಂದು ಅಡಚಣೆ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳು ಎಂಬುದಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯ್ತು. ಹಿಟ್ಟಾರ್ಫ್‌ನಿಂದ 9 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಕ್ರೂಕ್ಸ್ 1878ರಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿದ ಶಿಲುಬೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಕ್ರೂಕ್ಸ್ ನಳಿಕೆಯ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸೇರಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಶಿಲುಬೆಯು ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಖಚಿತವಾದ ನೆರಳನ್ನು ಬೀಳಿಸಿತು. ಋಣ ಧ್ರುವದಿಂದ ಯಾವುದೋ ಜಾತಿಯ ಕಿರಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಸರಳರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಈ ಅಂದವಾದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಕಿರಣಗಳು ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ, ಅದು ಜ್ವಲಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಲೋಹದ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪದರವು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಋಣಧ್ರುವ ಕಿರಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಭಿವಾಹ ಎಂಬುದನ್ನು 1897ರಲ್ಲಿ ಸರ್ ಜೋಸೆಫ್ ಜಾನ್ ಥಾಂಸನ್ (1856-1940) ಎಂಬಾತನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ಒಂದು ವಿಧಾನದಿಂದ ಆತನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇನ್ನೂ 10 ರಿಂದ 15 ವರ್ಷಗಳು ಕಳೆದ ಮೇಲೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು.

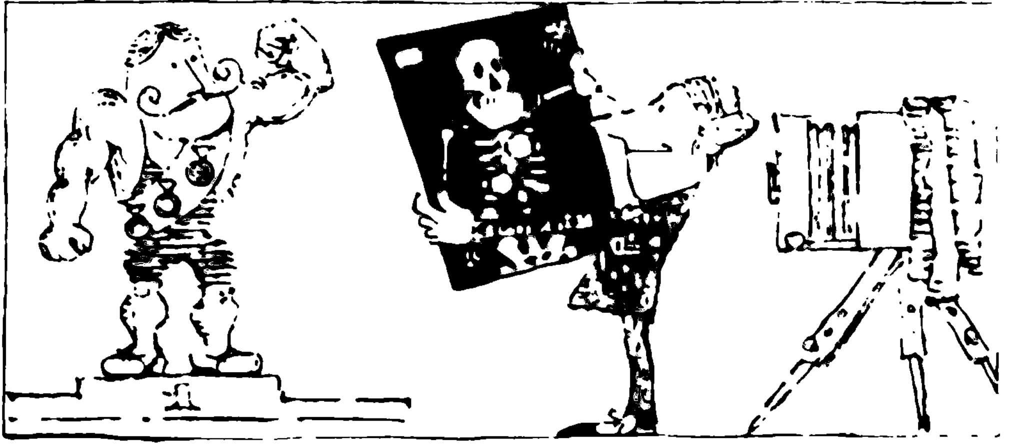
ಆದರೆ ದಾರಿ ತಪ್ಪಿ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಈಗ ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವುದು ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯ. ನಾವು ವಿಷಯ ಬಿಟ್ಟು ಸರಿದಿದ್ದೇಕೆಂದರೆ, ಋಣಧ್ರುವದಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಕಿರಣಗಳ ಸ್ವಭಾವವು ತಿಳಿದುಬರುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು ಎಂಬುದನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೇ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸರಿಯಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ ಅಭಾವದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು, ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತು ಗಾಜಿನ ಆವರಣವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಆಕಾರವುಳ್ಳ ಹಲವು ವಿಧದ ನಳಿಕೆಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಿದ್ದುದು.

1895ರ ನವೆಂಬರ್ 8ರಂದಿನ ಸಂಜೆಯ ಘಟನೆಗಳು ಸುವಿದಿತ. ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ನಳಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಬಟ್ಟೆಯ ತುಂಡನ್ನಿಟ್ಟು, ಕೊಠಡಿಯ ದೀಪವನ್ನು ಆರಿಸಿ, ಮತ್ತು ದೀಪದ ಸ್ವಿಚ್ಚನ್ನು ಮುಚ್ಚಿಬಿಟ್ಟು ಮನೆಗೆ ಹೊರಡಲು ಅನುವಾದನು. ಆಗ ತಾನು ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಉಪಕರಣದ ಕಡೆಗೆ ನೋಡಿದನು. ಮತ್ತು ನಳಿಕೆಯ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿದ್ದ ಬೇರಿಯಂ ಪ್ಲಾಟಿನೋಸಯನೈಡ್‌ನಿಂದ (ಇದು ಪ್ರದೀಪ್ತವಾಗಬಲ್ಲುದು) ಲೇಪಿತವಾಗಿದ್ದ ತೆರೆಯು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಕಂಡನು. ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ ಹಿಂತಿರುಗಿ, ಸ್ವಿಚ್ಚನ್ನು ತೆರೆದನು. ಆಗ ಪ್ರದೀಪ್ತಿ ನಿಂತು ಹೋಯಿತು. ಸ್ವಿಚ್ಚನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದಾಗ ತೆರೆಯು ಪುನಃ ಜ್ವಲಿಸ ಲಾರಂಭಿಸಿತು. ತಾನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದ ರಚನಾವಿಧಾನವಿರುವ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ, ಋಣ ಧ್ರುವ ಕಿರಣಗಳು ನಳಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಹೊದಿಸಿರುವ ಹೊದಿಕೆಯ ಮೂಲಕವೂ ಮತ್ತು ನಂತರ ವಾಯುವಿನ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪದರದ ಮೂಲಕವೂ ಹಾದುಹೋಗಲಾರವು ಎಂದು ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನಿಗೆ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಅರ್ಥ - ಇದುವರೆಗೂ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಿದ್ದ ಒಂದು ಹೊಸ ಬಗೆಯ ವಿಕಿರಣ.

ವರ್ಷದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಆತನು ಈ ಹೊಸ ಕಿರಣಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ ಗಳನ್ನೂ ಎಷ್ಟು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದ್ದನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಹರಳಿನಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಡುವವರೆಗೂ (1912)— ಇದಕ್ಕೆ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಬರ ಲಿದ್ದೇವೆ— ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಯಾವ ಹೊಸ ವಿಷಯವೂ ಹೊರಪಡಲಿಲ್ಲ. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನೇ ಇಟ್ಟನು, ಆದರೆ ಹಲವು ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ ಕಿರಣಗಳು ಎಂದು ಹೇಳುವರು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಲಕ್ಷಣವು ಪ್ರಾರಂಭದಿಂದಲೇ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ವಿಶದ ಪಡಿಸಿದ ಲಕ್ಷಣ: ಬೆಳಕಿಗೆ ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಅವು ಹಾದುಹೋಗಬಲ್ಲವು (ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದ ಎರಡು ಮೂರು ತಿಂಗಳುಗಳ ನಂತರ ಹೊರಬಿದ್ದ ಹಲವು ವ್ಯಂಗ್ಯ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು 3.1 ಚಿತ್ರವು ನಮ್ಮ ನೆನಪಿಗೆ ತರುತ್ತದೆ).

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಒಳಹೋಗುವ ಭೇದನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ವೈದ್ಯಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕೊಡುಗೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಕೈಗಾರಿಕೆ ಸಾಮಾನುಗಳಲ್ಲಿನ ದೋಷಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೂ ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಪದಾರ್ಥಗಳು



ಚಿತ್ರ 3.1.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸುವುವು ಎಂಬ ವಿಷಯವೇ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಮೂಲ. ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹಗುರವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಕಿರಣಗಳು ಲೀನವಾಗುವುದು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಕಿರಣಗಳ ಒಳಹೋಗುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದೆಂಬುದನ್ನೂ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಸಲಕರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಬಳಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳು ಹತ್ತಾರರಿಂದ ನೂರಾರು ಕಿಲೋವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವುವು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದುದೇನೆಂದರೆ ಅವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಭಿವಾಹಗಳು ಒಂದು ಅಡಚಣೆಯಿಂದ ನಿಧಾನಗೊಳಿಸಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುವು ಎಂಬುದು. ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ ನಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಮೂರು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳೊಡನೆ ತಯಾರಿಸುತ್ತಿದ್ದರು ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನೆನಸಿಕೊಂಡರೆ ಅದು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ಆಪಾತವಾಗುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಋಣಧ್ರುವದ ಎದುರುಗಡೆ "ಪ್ರತಿಋಣಧ್ರುವ" ("ಆಂಟಿಕ್ಯಾಥೋಡ್") ಒಂದನ್ನು ಸೇರಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಧನಧ್ರುವವನ್ನು ಒಂದು ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಇದು ಅನವಶ್ಯಕವಾದ ಜಟಿಲತೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು. ಮತ್ತು ಇಂದು ಎರಡೇ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹವು

ಧನಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಆಘಾತವಾಗುವುದು. ಧನಧ್ರುವವು ಓಟದ ಮೇಲ್ಮೈ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಬೇಕಾದ ಸ್ಥಳದ ಕಡೆಗೆ ಗುರಿಯಿಡಬಹುದು. ಧನಧ್ರುವದ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಸಮಕೋನದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ, ಕಿರಣಗಳು ಧನಧ್ರುವದಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಚದರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ತೀವ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ನಷ್ಟವಾಗುವುದು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ವೈದ್ಯವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿದವು. ಇಂದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಅತ್ಯಂತ ಪರಿಷ್ಕೃತವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿದೆ. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ, ಹಲವಾರು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಆದರಿಂದ ದೋಷದ ಖಚಿತವಾದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪ್ರಕ್ಷೇಪದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಆದರ ಆಳವನ್ನು ಕೂಡ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬಹುದು.

ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಅಥವಾ ಅಂಗಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ, ಗಟ್ಟಿ ವಿಕಿರಣ (ಹೆಚ್ಚು ಒಳಹೋಗಬಲ್ಲ) ಅಥವಾ ಮೃದು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರುವ ದೋಷವು ಕಾಣುವುದಕ್ಕಾಗುವಷ್ಟು ಕಾಂತಿ ಭೇದವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದು.

ಇತರ ಯಾವುದೇ ವಿಕಿರಣದ **ಲೀನತೆಯ** ನಿಯಮದಂತೆಯೇ **ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಲೀನತೆಯ** ನಿಯಮವೂ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಆಸಕ್ತಿಯಿರುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ವಿಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು (ತೀವ್ರತೆಯು ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನ ಕಾಲದ ಮತ್ತು ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ) d ದಪ್ಪವಿರುವ ಒಂದು ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದ ಮೇಲೆ ಹೇಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು ಎಂಬುದು. ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಸಮಾಕಲನ ಗಣಿತದ ಪರಿಚಯವಿಲ್ಲದಿರುವ ಓದುಗರಿಗಾಗಿ ಇರುವುದರಿಂದ, ತೆಳುವಾದ ಫಲಕಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ವಿಕಿರಣದ ನಿಯಮದ ನಿರೂಪಣೆಯಷ್ಟಕ್ಕೆ ಮಿತಿ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇನೆ. ಇಲ್ಲಿ "ತೆಳು" ಎಂದರೆ ತೀವ್ರತೆಯು ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು, ಸುಮಾರು ಶೇಕಡ 1ರಷ್ಟು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಿಯಮವು ಬಹಳ ಸರಳವಾಗಿರುವುದು: ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ವಿಕಿರಣದ ಭಾಗವು ಫಲಕದ ದಪ್ಪಕ್ಕೆ ನೇರವಾಗಿ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು. ತೀವ್ರತೆಯು I_O

ಮೌಲ್ಯದಿಂದ I ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ, ಈ ಸರಳ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\frac{I_0 - I}{I_0} = \mu d$$

ಸಮಾನುಪಾತ ಗುಣಾಂಕ μ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ *"ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕ"* ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ನಾನು ಮಂಡಿಸಿದ ಒಂದು ಸರಳ ಪ್ರಶ್ನೆ ಇದು. ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಯಾವ ಏಕಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುವುದು? ಇದು ಒಂದು ಸುಲಭವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಸಮೀಕರಣದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಇದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. 10 ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳು 5 ಮೀಟರುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳು ಮತ್ತು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳು, ಆಂಪೇರ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಆಂಪೇರ್‌ಗಳು, ಎರ್ಗ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಎರ್ಗ್‌ಗಳು. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಮಾತ್ರ ಹೋಲಿಕೆ ಇರಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಸಮೀಕರಣದ ಎರಡು ಕಡೆಯೂ ಏಕಮಾನಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

ಈಗ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಎಡಗಡೆ, ಪರಿಮಾಣವಿಲ್ಲದ ಸಂಖ್ಯೆ ಇದೆ. ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ವಿಕಿರಣದ ಭಾಗವು 1/30 ಅಥವಾ 0.08ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ, ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಹೇಳಿದಂತಾಯ್ತು. ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದಾಗ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳು ಹೊಡೆದುಹೋಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಬಲಗಡೆ ಇರುವ ಮೊತ್ತವೂ ಪರಿಮಾಣವಿಲ್ಲದುದಾಗಿರಬೇಕು. ದಪ್ಪವನ್ನು ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳಲ್ಲಿ (ಅಥವಾ ಇತರ ಉದ್ದದ ಮಾನಗಳಿಂದ) ಅಳೆಯುವುದರಿಂದ, ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ (ಪ್ರತಿಲೋಮ) ಸೆಂಟಿಮೀಟರು, ಅಂದರೆ (ಸೆಂ.ಮೀ.)$^{-1}$ ಗಳಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

10 ಸೆಂ.ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಒಂದು ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಕಿರಣವು ಹಾದುಹೋಗಿ, ತನ್ನ ತೀವ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಶೇಕಡ 1ರಷ್ಟನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ ಸಮೀಕರಣದ ಎಡಗಡೆಯ ಭಾಗವು 1/100ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇಲ್ಲಿ ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು 0.001 (ಸೆಂ.ಮೀ.)$^{-1}$ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ವಿಕಿರಣವು ಮೃದುವಾಗಿದ್ದು, ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರ್ (0.0001 ಸೆಂ.ಮೀ.) ದಪ್ಪವಿರುವ ರೇಕಿನ

ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಾಗ ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಪ್ರತಿಶತ ಭಾಗವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆಗ ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು 100 (ಸೆಂ.ಮೀ.)$^{-1}$ ಆಗಿರುವುದು.

ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಳ್ಳೆಯ ತತ್ತ್ವ ನಿರೂಪಣೆ ಯಾವುದನ್ನೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪಡೆದಿಲ್ಲ. ನಾನು ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೇಳಬಲ್ಲೆ: ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು ಕ್ಷ-ಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರದ ಘನಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣವು ಹಾಯುತ್ತಿರುವ ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಘನಕ್ಕೂ ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುವು. ಅಂದರೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣದ $h\nu$ ಆದ ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂನಲ್ಲಿ (ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತ) ಅಪಾರವಾದ ಶಕ್ತಿ ಇರುವುದು. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರದ ಫಲಕದ ಮೇಲಿನ ಪಾಯಸರೂಪದ ಲೇಪವನ್ನು ಕಪ್ಪು ಮಾಡುವಂತಹ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ತೆರೆಗಳು ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೂ (ಇದನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳು ಮಾಡಬಲ್ಲವು) ಸಾಕಾಗುವುದಲ್ಲದೆ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವುದಷ್ಟಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಅವು ಹಾದು ಹೋಗುವ ವಾಯು ಮತ್ತು ಇತರ ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಿಸುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೆಲವು ಮಾತುಗಳು. ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸಣ್ಣ ತರಂಗ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಈ ಪದವು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಕೃತಕ ಮೂಲಭೂತ ಧಾತುಗಳಿಂದಲೂ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುವು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯೂ ಗ್ಯಾಮಾ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದು. (ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ) ಬಹಳ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ಸ್ಫೋಟನೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುವು.

ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣದಾಗಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕೋಬಾಲ್ಟ್‌ನ ವಿಘಟನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಉಕ್ಕಿನ ಹತ್ತಾರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗಬಲ್ಲವು.

ಅಣುಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸುವಂತಹ ಸಣ್ಣ ತರಂಗದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಗಣನೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಯಾವುದೇ ಜೀವಕಣಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಅಪಾಯಕರವಾದವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತು ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ ರಕ್ಷಣೆಯು ಅವಶ್ಯಕ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಇದು ಸೀಸದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಕೊಠಡಿಗಳ ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ಬೇರಿಯಂ ಲವಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಲೇಪದಿಂದ ಮುಚ್ಚಲಾಗುವುದು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂತೆಯೇ, ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಉಪ ಯೋಗಿಸಬಹುದು. ರೂಢಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇಂಧನದ ''ಬೂದಿ''ಯಾಗಿರುವ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಅವುಗಳ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಒಳಹೋಗುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕಾರಣದಿಂದ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲಕರವಾದವು, ಆದರೆ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಒಂದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಗೆ ಪ್ರವೇಶವಿಲ್ಲದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿಸಬಹುದಾದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸೀಸೆಯನ್ನು ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆ.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣ

1912ರಲ್ಲಿ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ಮ್ಯೂನಿಕ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ ದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿದ್ದನು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಎಡಬಿಡದೆ ಚರ್ಚಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದವು. ತಾನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿದ್ದರೂ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ನನು ಸಿದ್ಧಾಂತ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಬಹಳ ಗೌರವ ಕೊಡುತ್ತಿದ್ದನು. ಮ್ಯೂನಿಕ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೇಧಾವಿ ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅನೇಕರಿದ್ದರು. ಇವರು ಹೊಸದಾದ ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಸ್ವಭಾವದ ಬಗ್ಗೆ ತಮ್ಮ ಬುದ್ಧಿಯನ್ನು ಚುರುಕುಗೊಳಿಸುತ್ತಿದ್ದರು.

ಅಲ್ಲದೆ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿವರ್ತನ ರೇಖಾ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳೂ ನಡೆದವು. ಒಂದು ವಿವರ್ತನ ರೇಖಾ ಫಲಕವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗರೂಪವನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ದೃಢಪಡಿಸ ಬಹುದು ಮತ್ತು ಯಾವುದೇ ವಿಧದ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕೂಡ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇಂತಹ ರೇಖಾಫಲಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ರೀತಿ ಯಾವುದೆಂದರೆ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂನಿಂದ ಲೇಪಿತವಾದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕೆತ್ತುವುದು, ಇದನ್ನು ದಂತದಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾದ ಕೆತ್ತುವ ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಹೀಗೆ ಕೆತ್ತಲ್ಪಟ್ಟ ರೇಖೆಗಳು ನಿಖರವಾಗಿ ಸಮದೂರಗಳಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ರೇಖಾಫಲಕದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಆವರ್ತನ ಅಂತರವೂ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ರೇಖೆಗಳೂ ಇರಬೇಕು. ಲಕ್ಷಗಟ್ಟಲೆಯ ರೇಖೆಗಳೂ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿಗೆ ಸಾವಿರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ರೇಖೆಗಳೂ ಕೆತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಏಕರೂಪದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತ ದ್ಯುತಿಮೂಲವು ಒಂದು ಯವದ ಸಹಾಯದಿಂದ ರೇಖಾಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಆಪಾತವಾಗುವ ದ್ಯುತಿಯ ಒಂದು ಸಮಾಂತರ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬೆಳಕು ಕಂಡಿಯಿಂದಲೂ ಕಿರಣಗಳು ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆ (ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬೆಳಕು ಕಂಡಿಯೂ ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ ತರಂಗದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವಾಗುತ್ತದೆ). ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಂಡಿಗಳಿಂದಲೂ ಬರುವ ತರಂಗಗಳೆಲ್ಲಾ ಏಕಕಲಾತ್ಮಕವಾಗಿರುವುದು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ. ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಬಲಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ, ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಅಪವರ್ತ್ಯವಾಗಿ ಇರುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಿರಣಗಳು

$$a \sin \alpha = n\lambda$$

ಎಂಬ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವ *a* ಕೋನದ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹೋಗುವುವು. ಇಲ್ಲಿ *n* ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಂಕ, *a* ಎಂಬುದು ಸೀಳುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರ. ನಮ್ಮ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆಯೇ ವಾಚಕನು ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

n ಎಂಬ ಪೂರ್ಣಾಂಕಕ್ಕೆ **ವರ್ಣಪಟಲದ ಶ್ರೇಣಿ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಏಕವರ್ಣೀಯ ದ್ಯುತಿಯು ರೇಖಾ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದರೆ, ಕಣ್ಣುಯವದ ನಾಭಿಯ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ತೆರಪುಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ರೇಖೆಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ದ್ಯುತಿಯು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ, ರೇಖಾಫಲಕವು ಅನೇಕ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ: ಮೊದಲನೆಯ, ಎರಡನೆಯ, ಎಂದು ಮುಂತಾದ

ಶ್ರೇಣಿಗಳು. ಆಮೇಲೆ ಬರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವರ್ಣಪಟಲವೂ ಹಿಂದಿನ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿರುವುದು.

ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗಾಂತರವು ಕಂಡಿಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸಮಾನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ವಿವರ್ತನ ರೇಖಾಫಲಕಗಳು ದ್ಯುತಿಯನ್ನು (ದೃಶ್ಯ ದ್ಯುತಿಯನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ನೀಲಾತೀತ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ರಕ್ತಾತೀತ ವಿಕಿರಣವನ್ನು) ವರ್ಣಪಟಲವಾಗಿ ಚದರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪಕರಣಗಳು ವಿಕಿರಣದ ವಿವರವಾದ ವರ್ಣಪಟಲೀಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ನೆರವೇರಿಸುವುದನ್ನು ಸಾಧ್ಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ, ವಿವರ್ತನ ರೇಖಾಫಲಕಗಳು ತೆರೆದ ಬಾಗಿಲುಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿದುವು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟವಿಲ್ಲದೇ ಹಾದುಹೋದವು. ಇದರಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಕಣಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹವಿರಬಹುದೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ, ಈ ಕ್ಷ-ವಿಕಿರಣಗಳು ಬೆಳಕಿನಂತಹ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವೇ, ಆದರೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾದ λ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳದ್ದು, ಎಂದು ಭಾವಿಸಲು ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವಿರುವುದು. ನಿಜ, ತರಂಗಾಂತರವು ಬಹಳ ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಹಾಗಿದ್ದರೆ, ವಿವರ್ತನದ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ ದ್ಯುತೀಯ ರೇಖಾಫಲಕದಿಂದ $a \sin \propto = n\lambda$ ಸಮೀಕರಣದ $\propto$ ಎಂಬ ಎಲ್ಲಾ ವಿವರ್ತನ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಗುವ n ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಿರಣಗಳೂ ಐಕ್ಯವಾಗಿ ವಿವರ್ತನೆಯು ಕಾಣಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ a ಎಂಬ ದೂರದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಂಡಿಗಳಿರುವ ವಿವರ್ತನ ರೇಖಾಫಲಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಹಾಗಂದರೆ ಏನು?

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಫಾನ್ ಲೌವೆ (1879-1960) ಎಂಬ ಯುವಕ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವೆಂಬ ದೃಢ ಭಾವನೆಯುಳ್ಳವನಾಗಿದ್ದನು. ಒಂದು ಹರಳು, ಪರಮಾಣುಗಳ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಜಾಲಕವೆಂದು ದೃಢವಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದ್ಧ ಒಬ್ಬ ಸ್ಫಟಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕನು ಆತನ ಪರಿಚಯಸ್ಥನಾಗಿದ್ದನು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಅವರ ಅನೇಕ ಸಂಭಾಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹರಳಿನ ಒಂದು ಜಾಲಕವೆಂಬ ಭಾವನೆಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಡಿಸುವ ಕಲ್ಪನೆಯು ಲೌವೆಗೆ ಹೊಳೆಯಿತು. ಲೌವೆಯ ಕಲ್ಪನೆಯು

ಹೀಗಿದ್ದಿತು: ಒಂದು ಹರಳಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳೂ ಮತ್ತು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳೂ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣ ಕೋಟಿಯವುಗಳಾಗಿವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ.

ಮೂರು-ಪರಿಮಾಣಗಳ ಜಾಲಕವನ್ನು ಕಂಡಿಗಳ ರೇಖಾಫಲಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಬಳಸಬಹುದೇ? ಇದು ಸ್ವತಸ್ಸಿದ್ಧವಾಗಿ ತೋರುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೂ ಲೌವೆಯು ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ನಿಶ್ಚಯಿಸಿದನು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗವು ಅತಿ ಸರಳರೂಪದ್ದಾಗಿದ್ದಿತು. ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳುಳ್ಳ ಎರಡು ತೆರೆಗಳನ್ನು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಪಥದಲ್ಲಿಡಲಾಯ್ತು. ಕಿರಣಗಳ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಹರಳನ್ನಿಡಲಾಯ್ತು ಮತ್ತು ಹರಳಿನ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕವನ್ನಿಡಲಾಯ್ತು. ಫಲಕವನ್ನು ಎಲ್ಲಿಡಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಹರಳು ಒಂದು ರೇಖಾ ಜಾಲಕವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಮೊದಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವಿಫಲವಾದವು. ಆದರೆ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ತಪ್ಪಿನ ಫಲವಾಗಿ ಫಲಕವನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಟ್ಟನು.

ಈ ಆಕಸ್ಮಿಕ ತಪ್ಪು ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಪಾತ್ರವೇನೂ ವಹಿಸಲಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ, ಅದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದ ತತ್ವದ ವಿಷಯವಾಗಿಯೂ ಲೌವೆಯು ಪರಿಶ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದನು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ವಿವರ್ತನ ರೇಖಾಫಲಕದ ತತ್ವವನ್ನು ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಜಾಲಕಕ್ಕೂ ವಿಸ್ತರಿಸುವುದನ್ನು ಲೌವೆಯು ಸಾಧಿಸಿದನು. ಈ ತತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದುದೇನೆಂದರೆ ವಿವರ್ತನ ಕ್ಕೊಳಗಾದ ಕಿರಣಗಳು ಆಪಾತ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಹರಳಿನ ಹಲವು ದಿಕ್ವಿನ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಾಣಬರುವುವು ಎಂಬುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಕಿರಣಗಳು ಸಣ್ಣ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳೇ ಎಂದೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಇದರಿಂದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕವನ್ನು ಹರಳಿನ ಹಿಂದುಗಡೆ ಆಪಾತ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬೇಕೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು.

ಹೀಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಹೊಸ ವಿಷಯವನ್ನು ಮೊದಲು ಗಮನಿಸಿದ ಸಂಶೋಧಕರ ಪೈಕಿ ಸರ್ ವಿಲಿಯಂ ಹೆನ್ರಿ ಬ್ರಾಗ್ (1862-1942) ಮತ್ತು ಆತನ ಮಗ ಸರ್ ವಿಲಿಯಂ ಲಾರೆನ್ಸ್ ಬ್ರಾಗ್ (1890-) ಎಂಬ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂದೆ-ಮಗ ಜೋಡಿ. ಅವರು ಲೌವೆಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪುನಃ ನೆರವೇರಿಸಿದರು, ಅದಕ್ಕೆ ಸರಳವೂ ಮತ್ತು ಚಿತ್ರಾತ್ಮಕವೂ ಆದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರು. ಮತ್ತು ಪದಾರ್ಥಗಳ

ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲು ಲೌವೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಬಳಸಿ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅನೇಕ ಸರಳ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು.

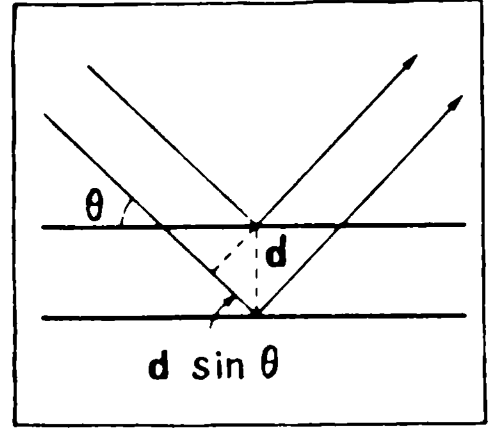
ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಕಡೆಗೆ ದೃಷ್ಟಿಹರಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಒಂದು ಹರಳಿನ ಸಂರಚನಾ ಕ್ರಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ, ಅಂದರೆ ಪರ ಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳನ್ನು ಒಂದು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ನ ನೂರರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡುವುದು, ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಚಿತ್ರವೊಂದನ್ನು ಕೊಡುವುದು, ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದು ಹರಳಿನಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳು ಅಡಕವಾಗಿರುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು.

ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಹಿಡಕದಲ್ಲಿಟ್ಟಿದೆ ಮತ್ತು ಅದು ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಕ್ಷ-ಕಿರಣವು ಭ್ರಮಣದ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾಗುತ್ತದೆ. ಏನಾಗುವುದು? ಒಂದು ಜಾಲಕ ಬಿಂದುವು ಚದರಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರವಾಗಿ ಭಾವಿಸಲಾಗುವಂತೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣವು ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಆಪಾತ ವಾದಾಗ ಸಂಭವಿಸುವ ವಿವರ್ತನ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ.

ಬ್ರಾಗ್ ತಂದೆ-ಮಗ ಇಬ್ಬರೂ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಚದರಿಕೆಯು ಜಾಲಕವನ್ನು ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದಾದ ನಿಸ್ಪಂದ ಸಮತಲಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹದಿಂದ ಕಿರಣಗಳ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಜಾತಿಯ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ ಪ್ರತಿಫಲನಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುವುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಿರಣವು, ಒಂದು ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಕೋನದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಮತಲಗಳಿಗೆ ಈ ಕೋನವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಯಾವುದೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಮತಲವು, ಕ್ಷ-ಕಿರಣವನ್ನು ಆಪಾತಕೋನವು ಪ್ರತಿಫಲನದ ಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂಬ ನಿಯಮಾನುಸಾರವಾಗಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸು ವುದಕ್ಕೆ ನಮಗೆ ಅಧಿಕಾರವಿದೆ. ಆದರೆ ದ್ಯುತೀಯ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಇಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೊಂದಿದೆ. ಬೆಳಕಿನಂತಲ್ಲದೆ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣವು ಒಂದು ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಆಳಕ್ಕೆ ಒಳಹೋಗುವುದು. ಇದರ ಅರ್ಥ ಕಿರಣದ ಪ್ರತಿಫಲನವೇರ್ಪಡುವುದು ಹೊರ ಮೇಲ್ಮೈ ಯಿಂದ ಅಲ್ಲ, ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಮತಲಗಳಿಂದಲೂ ಎಂದು.

ಸಮತಲಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ d ಇರುವ ಇಂತಹ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವನ್ನು ತೆಗೆದು



ಚಿತ್ರ 3.2

ಕೋನ್ಕ್ಷೇಣ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ ಆಪಾತವಾದ ಕಿರಣವನ್ನು θ ಎಂಬ ಒಂದೇ ಕೋನದಲ್ಲಿ "ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುತ್ತದೆ". ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವ್ಯತಿಕರಿಸುವುವು ಮತ್ತು ಆ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಸಮತಲಗಳಿಂದಲೂ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಕಲ ಉಚ್ಚವುಗಳಾಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತ ಉಪಕಿರಣ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ, ಕಿರಣಗಳ ನಡುವಣ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು.

ಚಿತ್ರ 3.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ರಚನೆಯಿಂದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳ ನಡುವಣ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $2d \sin \theta$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿವರ್ತನ ವಿಧಿಯು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ:

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

ಜಿ.ವಿ. ವುಲ್ಫ್ ಎಂಬ ರಷ್ಯನ್ ಸ್ಫಟಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕನು ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಬ್ರಾಗ್ ತಂದೆಮಕ್ಕಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ **ಬ್ರಾಗ್-ವುಲ್ಫ್ ಸಮೀಕರಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು (ಇದನ್ನು **ಬ್ರಾಗ್‌ನ ನಿಯಮ** ಅಥವಾ **ಬ್ರಾಗ್‌ನ ಸಮೀಕರಣ** ಎಂದೂ ಕರೆಯುವರು).

ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಅಸಂಖ್ಯಾತ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಸಮತಲಗಳ ವ್ಯೂಹವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಪ್ರತಿಫಲನಕ್ಕೆ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವ್ಯೂಹ ಮಾತ್ರ: ಇದು ಯಾವುದೆಂದರೆ ಸಮತಲಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಮತ್ತು

ಆಪಾತ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅದರ ದಿಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸ ಇವುಗಳು ಬ್ರಾಗ್‌ನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವಂತಿರುವ ವ್ಯೂಹ.

ಕಿರಣ ಏಕವರ್ಣೀಯವಾಗಿದ್ದರೆ (ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ) ಆಗ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ಹರಳಿನ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ಆರಿಸಿದ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನವೇರ್ಪಡದೆ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ ಹರಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಸಮತಲಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯೂಹಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಬರುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಇದೇ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಮಾರ್ಗವೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಲೌವೆಯ ಪ್ರಯೋಗ ಜಯಪ್ರದವಾಗಿದ್ದುದು ಏಕೆಂದರೆ ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದ ವಿಕಿರಣವು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ "ಬಿಳಿಯ ವರ್ಣಪಟಲ" ಅಂದರೆ ಒಂದು ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿದ್ದ ತರಂಗಗಳ ಅಭಿವಾಹವಾಗಿದ್ದಿತು (ಕೆಳಗೆ ನೋಡಿ). ಆದ್ದರಿಂದ, ಲೌವೆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಹರಳು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದರೂ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವ "ಪ್ರತಿಫಲನ" ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸಮತಲಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯೂಹಗಳು ಬಂದವು.

ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸ್ವಯಂ ಚಾಲಿತವಾದುದು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹರಳನ್ನು (0.1 ರಿಂದ 1ಮಿ.ಮೀ. ವರೆಗೆ) ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಹಿಡುಕದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಗೊತ್ತುಪಡಿಸಿದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಾನುಸಾರವಾಗಿ ಹರಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸುತ್ತ, ಅದರ ಸಮತಲಗಳ ವ್ಯೂಹಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಂದಾದಮೇಲೊಂದರಂತೆ ಪ್ರತಿಫಲನ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ತರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಮತಲವೂ (ಈ ಪದವನ್ನು ಸಲಸಲಕ್ಕೂ "ವ್ಯೂಹ" ಎಂದು ಪುನರಾವರ್ತಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ) ಈ ಮುಂದಿನ ವಿಷಯಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ಅದರ ಸಮತಲಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ, ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಹರಳಿನ ಮೂಲ ಕೋಶ ಒಂದರ ಅಕ್ಷಗಳೊಡನೆ ಅದು ಮಾಡುವ ಕೋನ (ಅಂಚುಗಳ ಉದ್ದಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಕೋಶದ ಅಂಚುಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನಗಳನ್ನೂ ಮೊದಲಿಗೆ ಸ್ವಯಂಚಾಲಿತ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು). ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದಾಗಿ, ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆ.

ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಮೂಲಕೋಶದ

ಪರಿಮಾಣಗಳೂ (ಸಹಜವಾಗಿಯೇ) ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುವು. ಹೆಚ್ಚಾದ ಈ ಜಟಿಲತ್ವವು ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತದ ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ತರುತ್ತದೆ. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಕೋಶವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಮತಲಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು. ಅಳತೆಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಹಲವು ಹತ್ತುಗಳಿಂದ ಹಲವು ಸಾವಿರಗಳವರೆಗೂ ಇರಬಹುದು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವ ಭಾವನೆಯ ಒಂದು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಸಮೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ಕೊಡುವುದಾಗಿ ನಾವು ಮಾತು ಕೊಟ್ಟಿದ್ದೆವು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಹಿಂದುಮುಂದಾಗಿ ತಿರುಗಿಸೋಣ. ಒಂದು ಹರಳಿನ ಸಂರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮಗೆ ಎಲ್ಲಾ ವಿಷಯವೂ ಗೊತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಅಂದರೆ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಿತ್ರಾಕೃತಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಆವಾಗ ಒಂದು ಮೂಲಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳೆಲ್ಲಾ ಗೊತ್ತಿದೆ (ವಾಚಕರು ಈ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಹರಳಿನ ಸಂರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ತಮ್ಮ ನೆನಪನ್ನು ಕುದುರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದು ಸಲಹೆಮಾಡುತ್ತೇನೆ). ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಮತಲಗಳ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಿಧದ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಈ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವುದು ಸಾಕೆಯದು ಸುಸ್ಪಷ್ಟ: ಹರಳಿನಲ್ಲಿನ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವ ಸಮತಲಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಕಲಾದೊಡನೆ ಚದುರಿಸುತ್ತದೆ. ತೀವ್ರ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣವು ಲಭಿಸುವುದು. ಈಗ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅರ್ಧವು ನಿಸ್ಪಂದ ಸಮತಲಗಳಲ್ಲಿವೆ, ಬಾಕಿ ಅರ್ಧವು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಮತಲಗಳ ನಡುವೆ ಇವೆ. ಆಗ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅರ್ಧವು ಆಪಾತ ಅಲೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕಲದಲ್ಲಿ ಚದರಿಸುತ್ತವೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಅರ್ಧವು ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಕಲದಲ್ಲಿ ಚದರಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಫಲನವಿರುವುದಿಲ್ಲ!

ಇವೆರಡೂ ಪರಮಾವಧಿಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು. ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಕಿರಣಗಳುಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಉಪಕರಣವು (ಇದಕ್ಕೆ **ಆಟೋಮ್ಯಾಟಿಕ್ ಡಿಫ್ರಾಕ್ಟೋಮೀಟರ್ - ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಿವರ್ತನಮಾಪಕ** ಎಂದು ಹೆಸರು) ಹತ್ತು ಸಾವಿರದ ಅಪವರ್ತನದಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡುವ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಲ್ಲುದು.

ಒಂದು ಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು ನಿಸ್ಪಂದ ಸಮತಲಗಳ ನಡುವೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವು ಹೇಗಿದೆ ಎಂಬುವದರೊಡನೆ ಏಕಮಾತ್ರವಾದ ಸಂಬಂಧವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡಲು ತುಂಬ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು, ಅಲ್ಲದೆ ನಮಗೆ ಅದರ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೂ ಇಲ್ಲ. ಎರಡು ಪರಮಾವಧಿ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ಆಗಲೇ ಏನು ಹೇಳಿರುವೆವೋ ಅದರಿಂದ ತೀವ್ರತೆಯು ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳ ಒಂದು ಫಲನವಂತೆ ರೂಪಿಸುವ ಒಂದು ಸೂತ್ರವಿರುವುದು ಎಂಬುದು ವಾಚಕನಿಗೆ ಮನದಟ್ಟಾಗುವುದು. ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಮೂನೆಯನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಅದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಚದರಿಸುವುದು.

ಸಂರಚನೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸೂತ್ರವು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಮತಲದ ದಿಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸದ ವಿಷಯವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಮೂಲಕೋಶದ ಪರಿಮಾಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿಯೂ ವಿವರಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಅಳತೆಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳು ಎಷ್ಟು ಇವೆಯೋ ಅಷ್ಟು ಇಂತಹ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಬರೆಯಬಹುದು.

ಸಂರಚನೆಯು ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಎಲ್ಲಾ ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನೂ ಗಣಿಸಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದು ಪ್ರಯೋಗದೊಡನೆ ತಾಳೆ ನೋಡಬಹುದು. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಮುಂದಿರುವ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಇದಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ಮುಂದಿರುವುದು ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆ: ಹಲವು ಹತ್ತುಗಳ ಅಥವಾ ನೂರುಗಳ ಅಥವಾ ಸಾವಿರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿವರಗಳಿಂದ ಒಂದು ಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕ ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು. ಆಧುನಿಕ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳ ಪ್ರಚಂಡವಾದ ಗಣನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದಾಗಿ, ಈ ವಿಪರ್ಯಯ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದೆಂದು ಮೊದಲು ನೋಟಕ್ಕೆ ಕಂಡುಬರಬಹುದು. ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳೇ? ಆದರೇನು ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲವು ಅಲ್ಲವೇ?.

ಆದರೆ, ವಿಷಯವು ಇಷ್ಟು ಸರಳವಾದದ್ದಲ್ಲ. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ. ತೀವ್ರತೆಯು ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನು ಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಿದ ಸೂತ್ರವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಒಂದು ಸೂತ್ರ. ಒಂದು ಹರಳಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದಲೂ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವ್ಯತಿಕರಿಸುತ್ತವೆ. ನಮಗೆ ದೊರಕುವುದೇನೆಂದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದಲೂ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ಸಂಘಟಿತ ಫಲ. ಮೊತ್ತದ ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯವನ್ನು

ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಅದರ ವರ್ಗವು ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಿಡಿಸುವುದು ಸುಲಭ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದು ಹೇಗೆ? ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ತೀವ್ರತೆಯ ವರ್ಗಮೂಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದೇ? ಸರಿಯೇ. ಆದರೆ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ಎರಡು ಚಿಹ್ನೆಗಳಿವೆ.

ಸಮಸ್ಯೆಯ ಗೊಂದಲವನ್ನು ವಾಚಕನು ಈಗ ಮನಗಂಡಿದ್ದಾನೆಂದು ನನ್ನ ಆಶಯ. ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಸಾಕಷ್ಟು (ಸಾಕಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ) ಸಮೀಕರಣಗಳಿವೆ. ಆದರೆ ಸಮೀಕರಣದ ಬಲಗಡೆ ಅನಿಶ್ಚಿತವಾಗಿರುವ ಚಿಹ್ನೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿವೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಿಕ್ಕಿರುತ್ತೇವೆ. ಮತ್ತು, ಮೊದಮೊದಲು, ಸಂಶೋಧಕರು ವಿಪರ್ಯಯ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಲಿಲ್ಲ. ಅವರು ಪರೀಕ್ಷಾ ಊಹೆ ಮತ್ತು ತಪ್ಪು ಸರಿ ನೋಡುವ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿದರು. ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಂರಚನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ವಿವರಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಅಪರಿಚಿತ ಸಂರಚನೆಯು ಇಂಥಾದುದಿರಬೇಕು ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡರು. ಆಮೇಲೆ ಅವರು ಹತ್ತು ಹನ್ನೆರಡು ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿದರು. ಆದರೆ ಜಯಪ್ರದವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆಮೇಲೆ ಅವರು ಸಂರಚನೆಯ ಮತ್ತೊಂದು ನಮೂನೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರು.

ಸರಳವಾಗಿರುವ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಮಾರ್ಗವು ತೊಂದರೆಗಳಿದ್ದಾಗ್ಯೂ ಸರಿಯಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ನೀಡಿತು. ಆದರೆ "ಸಂರಚನೆಯ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು" (ಈ ಸಂಶೋಧಕರನ್ನು ಹೀಗೆ ಕರೆಯಲಾಗಿದ್ದಿತು) ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಸರಳವಾದ ಸಂರಚನೆಗಳನ್ನೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ನಂತರ ವಿಪರ್ಯಯ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಮುಂದೆ ಬಂದಾಗ ಅವರ ಯತ್ನವು ನಿಲುಗಡೆಗೆ ಬಂದಿತು.

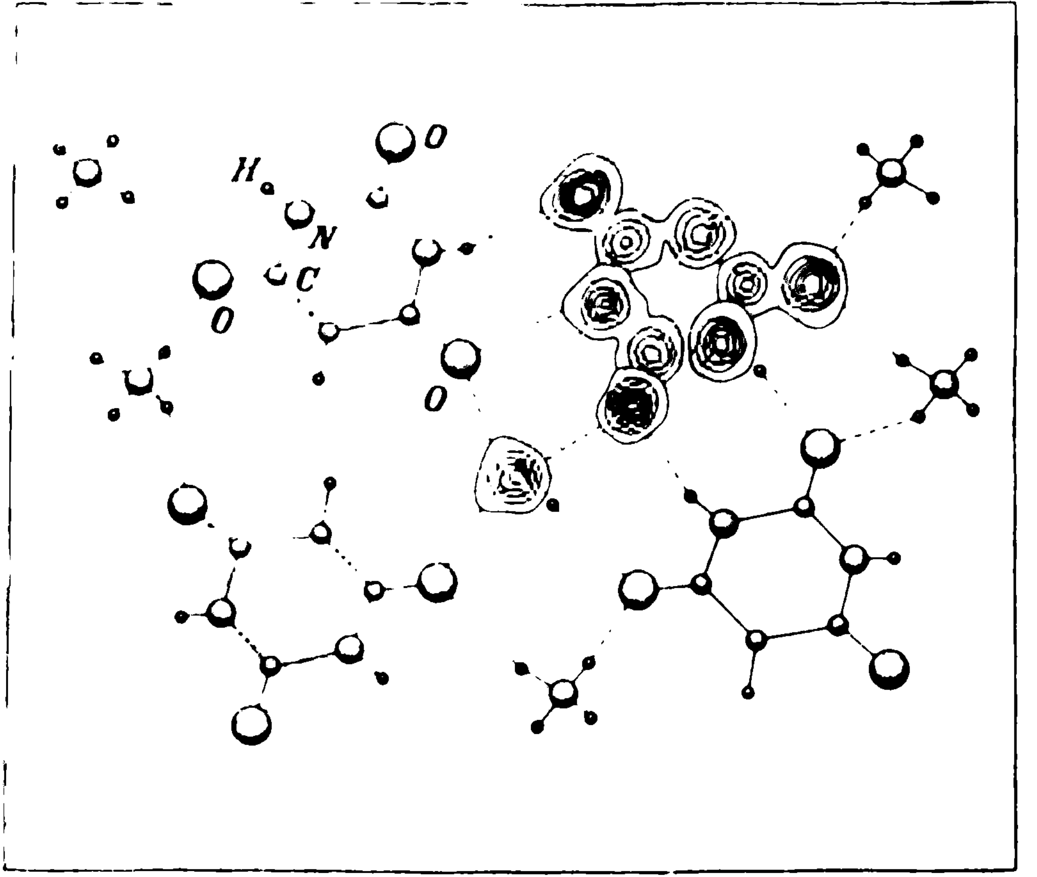
1930ರ ದಶಕದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ, ಅನೇಕ ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣುವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಪರಿಶೀಲನೆಯಷ್ಟಕ್ಕೇ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಜಟಿಲವಾದ ಸಂರಚನೆಗಳನ್ನು ಕೂಡ "ಸಾಧಿಸಬಹುದು" (ಆಗಿನ ಪರಿಭಾಷೆ ಇದಾಗಿದ್ದಿತು) ಎಂದು ಊಹಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಒಂದು ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣುವು ಅನೇಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಚದರಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, (ಬಹಳ ಸ್ಥೂಲವಾದ) ಮೊದಲನೆಯ ಸನ್ನಿಕಟತೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹರಳು ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಒಳಗೊಂಡಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಾ ಊಹೆ ಮತ್ತು ತಪ್ಪು ಸರಿ ನೋಡುವ ಪದ್ಧತಿಯಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಸುಲಭವಾಗಿಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳೊಡನೆ, ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಆ ಪರಮಾಣುವು ಮಾತ್ರ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿದೆ ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಒಳಗೊಂಡ ಕಲ್ಪಿತ ಸಂರಚನೆಯ ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ಚಿಹ್ನೆಗಳು ನಿಜವಾದ ಸಂರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಇರುವುವೆಂದೂ ಭಾವಿಸಲಾಯ್ತು.

ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಅದಾಗಿ, ಸಮತಲಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗುಂಪುಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಒಂದು ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿ ತೋರಿಸಲಾಯ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕೋಶದ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ α, β ಮತ್ತು $\alpha + \beta$ ಅಷ್ಟು ಕಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಮೂರು ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ಚಿಹ್ನೆಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದುದೇನೆಂದರೆ, $\cos \alpha \cos \beta \cos (\alpha + \beta)$ ಎಂಬ ಗುಣಲಬ್ಧವು ನಿರಪೇಕ್ಷ ಮೌಲ್ಯದಿಂದ 1/8ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಅದು ಧನ ಚಿಹ್ನೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ನಾನು ಹೇಳುವುದನ್ನು ನೀವು ನಂಬದಿದ್ದರೆ, ನೀವೇ ಇದನ್ನು ಸರಿನೋಡಬಹುದು.

ಈ ಕಲ್ಪನೆಯ ವಿಸ್ತರಣವು ಸಂರಚನಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ನೇರವಾದ ವಿಧಾನ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗ ತೋರಿಸಿತು. ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲವಾಗಿರುವ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಒಂದು ಗಣಕಯಂತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜಿಸಿದರೆ, ಅದು ಹರಳಿನ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು "ಕಕ್ಕುತ್ತದೆ".

ಪ್ರತಿಫಲನದ ಚಲನವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು, ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವಂತೆ, ಅನೇಕ ಅಜ್ಞಾತ ಪದಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಹೆಚ್ಚು ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗುವುದು. ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೇಕಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ಹತ್ತರಷ್ಟು (ನೂರಾರಷ್ಟು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮ) ಆದರೂ ಇರಬೇಕು ಎಂಬುದು ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶ.



ಚಿತ್ರ 3.3

ಇಂತಹ ಸಮೀಕರಣಗಳ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಗಣನಾಕ್ರಮಗಳಿಗೆ ನಾನು ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಉಪಾಯದಿಂದ ಸಮಸ್ಯೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ, ಅವನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಫೂರಿಯರ್ ಶ್ರೇಣಿಗಳ ರಚನೆಗೆ ಇಳಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಳ್ಳೆಯ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಹಿನ್ನೆಲೆ ಇರುವ ವಾಚಕನು ಮಾತ್ರ ಫೂರಿಯರ್ ಶ್ರೇಣಿಗಳ ಅಥವಾ ಅವಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿ, ಅದನ್ನು ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ರೀತಿಯ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಸಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲನು. ಆದರೆ ಇಂತಹ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಇಲ್ಲಿ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಮುಖ್ಯವಾದುದೇನೆಂದರೆ ವಿಷಯವೇನೆಂಬುದನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ನಮಗೆ ಇಷ್ಟು ಸಾಕೆಂದು ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು (ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ತಜ್ಞರು) ಸಂರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವಿವರವನ್ನು ರಸಾಯನವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಯಾವ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸುವನು? ಚಿತ್ರ 3.3

ನೋಡುವುದರಿಂದ ಇದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿನ ಅರಿವು ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಇದು ಅಮೋನಿಯಂ ಬಾರ್ಬಿಟ್ಯುರೇಟ್ ಎಂಬ ಅತಿ ಸರಳವಾದ ಒಂದು ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂದಿಗೆ ಇಷ್ಟು ಜಟಿಲವಾಗಿರುವ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಮಕ್ಕಳಾಟದಷ್ಟು ಸುಲಭ. ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ಸಲಕರಣೆಯು ಸಂಶೋಧಕನ ಪ್ರಯತ್ನ ವೇನೂ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಕೊಡುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಗಣಕಯಂತ್ರವು ಸಂಖ್ಯೆ ಗಳನ್ನು (ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂಕಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು) ಮುದ್ರಿಸುತ್ತದೆ ಅಥವಾ ಚಿತ್ರ **3.3**ರಲ್ಲಿರುವಂತಹ ಚಿತ್ರಪ್ರದರ್ಶನಗಳನ್ನು ಕೊಡಬಲ್ಲುದು. ಬೇರೆಬೇರೆ ವಿಧದ ಪರಮಾಣು ಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ವೃತ್ತಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ಗಣಕಯಂತ್ರವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕೆಂದು ಸಂಶೋಧಕನು ಬಯಸಿದರೆ, ಅದು ಹಾಗೆ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ಭೂಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಪರ್ವತ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಮ ಎತ್ತರದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಚಿತ್ರದ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ, ಸಂವೃತ್ತ ಪರಿಪಥಗಳು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲ, ಪ್ರತಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳು. ''ಪರ್ವತ ಶಿಖರ''ದ ಕೊನೆಯು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರ.

ಇಲ್ಲಿನ ರೇಖಾಚಿತ್ರವು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಈ ಮಾರ್ಗವು ನೀಡಿದ ಕೊಡುಗೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ. ಈ ಮಾರ್ಗದ ಸಫಲತೆಯು ಅಗಾಧವಾಗಿದೆ. ಇಂದಿನವರೆಗೆ **15** ಸಾವಿರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಹರಳುಗಳ ಸಂರಚನೆಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಸಹಸ್ರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳ ಹಲವು ಹತ್ತಾರು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಂರಚನೆಗಳೂ ಸೇರಿವೆ.

ಜಟಿಲವಾದ ಅಣುಗಳ ಸಂರಚನೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಜೈವಿಕ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ (Biological Chemistry) ಮತ್ತು ಜೈವಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ (Biological Physics) ಇವುಗಳ ಸ್ಥಾಪನೆಗೆ ಆಧಾರವಾಯ್ತು. ಈ ಎರಡು ಹೊಸ ವಿಜ್ಞಾನ ಭಾಗಗಳು ಈಗ ರಭಸದಿಂದ ಅರಳುತ್ತಿವೆ ಮತ್ತು ಜೀವ, ಕಾಯಿಲೆ ಮತ್ತು ಮರಣ ಇವುಗಳ ರಹಸ್ಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸುಮಾರು ಅರವತ್ತು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಜೀವಂತವಾಗಿದ್ದರೂ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯು ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಗ್ರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಳಿದುಕೊಂಡಿದೆ.

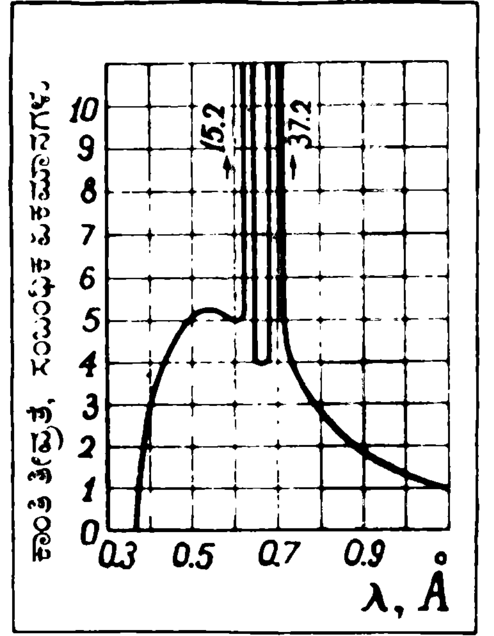
ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲ

ಹಿಂದಿನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು "ಬಿಳಿಯ" ವರ್ಣಪಟಲವೂ ಮತ್ತು ಏಕವರ್ಣೀಯ ಕಿರಣಗಳೂ ಇರುವುದನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಗಟ್ಟಿಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ವರ್ಣಪಟಲದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸುವುದು ಹೇಗೆ? ಮತ್ತು ಅದು "ಬೆಳ್ಳಗಿರುವುದು" ಯಾವಾಗ, ಏಕವರ್ಣೀಯವಾಗಿರುವುದು ಯಾವಾಗ?

ಯಾವುದೇ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಅಥವಾ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳಿರುವ ಎರಡು ತೆರೆಗಳನ್ನಿಟ್ಟು, ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಂದು ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬ್ರಾಗ್-ವುಲ್ಫ್ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸಮತಲಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಹಲವು ಕಿರಣಗಳು ಲಭಿಸುತ್ತವೆ. (ತೀವ್ರವಾದ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ನೀಡುವ) ಒಂದು ಸಮತಲವು (**ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕ** ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ) ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಉಪಕರಣದ ಭ್ರಮಣ ಅಕ್ಷದೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವ ಹಾಗೆ ಹರಳನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿ ಆಮೇಲೆ ಸಮತಲವು ಆಪಾತ ಕಿರಣದ ಕೆಳಗೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ θ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬರುವ ಹಾಗೆ ಹರಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವರು. ಆಗ ಹರಳಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ವರ್ಣಪಟಲದ ಒಂದು ಘಟಕವು (ಭಾಗವು) ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಈ ತರಂಗವನ್ನು ಒಂದು ಅಯಾನೀಕರಣ ಗಣಕದಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಪ್ಲೇಟಿನಲ್ಲಿ ದಾಖಲು ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲ ಯಾವ ತರಂಗಾಂತರದ್ದಾದರೂ ಏಕವರ್ಣೀಯ ಕಿರಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಮತ್ತು ಯಾವುದೇ ವಿಧವಾದ ವಿಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪರಿಶೋಧನೆಗೂ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು.

ಮಾಲಿಬ್ಡಿನಂ ಧನಧ್ರುವವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯ ಮಾದರಿ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಚಿತ್ರ 3.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ (35 ಕಿಲೋವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ)

ಇದರಿಂದ ಕೂಡಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲದ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೆ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿವೆ. ಕಾಣಬರುವ ವರ್ಣಪಟಲವು ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಿತವಾದ ಶಿಖರಗಳ ಅಧ್ಯಾರೋಪಣದಿಂದಾಗಿದೆ ಎಂದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಈ ಶಿಖರಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವು ಗಟ್ಟಿ ವಕ್ರರೇಖೆಯದಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 3.4

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ವಿವರ್ತನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಕೂಡಲೇ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯು ಆರಂಭವಾಗಿ ಮುಂದಿನ ವಿಷಯಗಳು ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲವು ಧನಧ್ರುವದ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿರೂಪಿಯಾಗಿಲ್ಲ, ಅದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಅದರ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ಅದು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕಡಿದಾಗಿ ಹರಿದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಕಡೆಗೆ ಹೋಗುವಾಗ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ತನ್ನ ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟವನ್ನು ದಾಟಿ ಹೋಗಿ, ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾದ ಯಾವ ಅಂತ್ಯಬಿಂದುವೂ ಇಲ್ಲದಂತೆ ಉಬ್ಬುತಗ್ಗುಗಳಿಲ್ಲದೆ ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲದ ತೀವ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುವುದು ಮತ್ತು ಎಲ್ಲೆಯು ಸಣ್ಣ ತರಂಗಗಳ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವುದು ಎಂದು ಸಂಶೋಧಕರು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರು. ಮತ್ತು ಎಲ್ಲೆಯ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಅತಿ ಸರಳರೂಪದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಯ್ತು.

$$\lambda_{min} = \frac{12.34}{U}$$

ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಸೂತ್ರದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಸರಳ. eU ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಋಣ ಧ್ರುವದಿಂದ ಧನ ಧ್ರುವಕ್ಕಿರುವ ದೂರವನ್ನು ದಾಟು ಹೋಗುವಲ್ಲಿ ಹೊಂದುವ ಶಕ್ತಿಯ ಲಾಭ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಈ ಮೊತ್ತಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬಿಡುಗಡೆಮಾಡಲಾರದು. ಶಕ್ತಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ಅದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಕ್ವಾಂಟಂ ಒಂದನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬಳಸಿದರೆ ($eU = h\nu$). ಆಗ ಕೆಲವು ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು ಆದೇಶ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವು ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ (λ ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿದೆ, U ಕಿಲೋವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿದೆ).

ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲವು ಲಭಿಸುವುದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಬಿಟ್ಟು ಕೊಡಲೇಬೇಕಿಲ್ಲವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಶಕ್ತಿಯ ಬಹುಭಾಗವು ಉಷ್ಣರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದೆಂದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯ ದಕ್ಷತೆಯು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದ್ದು. ಧನ ಧ್ರುವವು ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಅದರೊಳಗೆ ಹರಿಯುವ ನೀರಿನಿಂದ ತಂಪಾಗಿಸಬೇಕು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲ ಉಂಟಾಗುವುದರ ಕಾರಣವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಇರುವುದೇ? ಹೌದು ಇರುವುದು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವೇಗಮಾಂದ್ಯಕ್ಕೊಳಗಾದಾಗ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲ ಉಂಟಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ (ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಬರುವ) ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದು (ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗದ) ಗಣನೆಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯದೊಡನೆ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ವಿರುದ್ಧ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ವೇಗಮಾಂದ್ಯಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಈ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಧನಧ್ರುವವು ಯಾವ ಭಾಗವನ್ನೂ ವಹಿಸದೆಯೇ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಕಾಣುವುದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವಿರುವುದು. ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲವು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಉಂಟಾಗುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ನಾವು

ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ ಏಕೆಂದರೆ (ಪುಟ 20ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸೂತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ), ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ (6000 ಡಿಗ್ರಿಗಳು - ಯಾವ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯವೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಲಾರದು), ತಾಪೀಯ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರವು ಅರ್ಧ ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರಿಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದು. ಆದರೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಮರೆಯಕೂಡದು. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕೃತಕ ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಲಕ್ಷಗಳ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಆಗ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ತಾಪೀಯ ವರ್ಣಪಟಲವು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಬರುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಖಗೋಳ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಸಹಾಯಕವಾಗುವುವು.

ಈಗ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲದ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಅಧ್ಯಾರೋಪಿತವಾಗಿರುವ ಕಡಿದಾದ ಶಿಖರಗಳ ವಿಚಾರ ಮಾಡೋಣ.

ಈ ಕಿರಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವಿರುದ್ಧವಾದುದನ್ನೇ ಅಂದರೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲದ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ವಿರುದ್ಧವಾದುದನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯ್ತು. ಶಿಖರಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳು ಅಂದರೆ ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಧನಧ್ರುವದ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದವಾಗಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂತಹ ವಿಕಿರಣವನ್ನು **ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು.

ಅದರ ಆಕಾರಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಆಕೃತಿಯು ನಿಷ್ಪಕ್ಷಪಾತವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ನೀಡುವುದು. ಒಂದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳು ಧನಧ್ರುವದ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿ ಅತ್ಯಂತ ತಗ್ಗಾದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡಬಲ್ಲವು. ಒಂದು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟವು ಖಾಲಿಯಾದ ಕೂಡಲೆ, ಆ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಕ್ರಮಿಸುವುದು. $E_m - E_n = h\nu$ ಎಂಬ ಮೂಲಭೂತ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಬೇರೆಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಬೇರೆಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸವಾಗಿರುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಹೊಸ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ವರ್ಣಪಟಲಗಳಾಗಿರುವುದು ಸಹಜ ವಿದ್ಯಮಾನವೇ.

ಒಂದು ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತ

ವಾದವುಗಳಾದುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಆಮಿಶ್ರಿನ್ನ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕುವುದು ಉತ್ತಮ; ಅಂದರೆ, ಪರಿಶೀಲನೆ ಒಳಪಡುವ ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಕಿರಣವು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಅದನ್ನು ಸ್ಫಟಿಕ ಏಕವರ್ಣಕಾರಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮಾಡಬೇಕು.

ಬೇರೆಬೇರೆ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಕಿರಣವನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲವಾಗಿ ವಿಸ್ತರಿಸುವುದನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅದಕ್ಕೆ **ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಬಳಕೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅಪೂರ್ವ ಖನಿಜ ಲೋಹಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ) ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೇ ಬೆಳೆದಿರುವುದು. ವರ್ಣಪಟಲ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ರೇಖೆಗಳ ತೀವ್ರತೆಗಳಿಂದ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಶತ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು.

ಈಗ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳು. ಘೂಮಿಮುಲ್ಲಿನ ಪಂಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ, ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳೊಂದಿಗೆ ನಾವು ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬರುವುದು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ (ಇದನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು). ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಶಿಥಿಲತೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಗ್ಯಾಮಾವಿಕಿರಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಇರಬಹುದು ಅಥವಾ ಇಲ್ಲದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯವು ಯಾವ ಬಗೆಯದೇ ಆಗಿರಲಿ. ಗ್ಯಾಮಾ ವಿಕಿರಣದ ವರ್ಣಪಟಲವು ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿರುವುದು.

ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಒಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದಾಗ, ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಕಾಣಬಂದರೆ, ಆಗ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಅದೇ ತರಹದ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುವು.

ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಗ್ಯಾಮಾ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇರಳವಾದ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆದಿದೆ. ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ವಿಧದ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ α (ಆಲ್ಫ) ಮತ್ತು β - (ಬೀಟ) ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಿಖರವಾದ ದತ್ತಾಂಶಗಳಿರುವ ಕೋಷ್ಟಕಗಳಿವೆ.

ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಣ

ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪರಿಭಾಷೆಯು (ಉಚಿತ ಪದಪ್ರಯೋಗ) ಒಂದು ದುರ್ಬಲ ಭಾಗವೆಂಬ ಬಗ್ಗೆ ನಾನು ಪದೇಪದೇ ಗಮನ ಸೆಳೆದಿರುತ್ತೇನೆ. ವಿಜ್ಞಾನವು ಎಷ್ಟು ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆಯೆಂದರೆ, ಒಂದು ಪದದ ಅರ್ಥವು ಒಂದೇ ಪೀಳಿಗೆಯ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ಮತ್ತು ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪರಿಭಾಷೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಅಂಗೀಕೃತವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಿಷಯಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳೊಡನೆ ಭಾಗಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಹಳೆಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಚಾರದಿಂದ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಪದಗಳ ಉಚಿತವಾದ ನಿರ್ದೇಶನ ಕೊಡುವುದು ಮತ್ತು ಮಿಕ್ಕವುಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಕೊಡುವುದು ಇದು **ಉಳಿದಿರುವ ಒಂದೇ ಉಪಾಯ.**

ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಬಗ್ಗೆ ಮಾತನಾಡುವಾಗ ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ಹರಳುಗಳ ಪರಮಾಣು ಸಂರಚನೆಯ ಸಂಶೋಧನೆ. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವು ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹರಳು.

ಆದಾಗ್ಯೂ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಂರಚನೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಯೊಂದಿಗೆ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಮುಗಿದಂತಾಗಲಿಲ್ಲ. ಏಕೈಕ ಹರಳುಗಳು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ಮತ್ತು ವಿಷಯಗರ್ಭಿತವಾದ ಚಿತ್ರಗಳು ದೊರಕುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಾವು ***ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಣ (ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಣ)*** ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ.

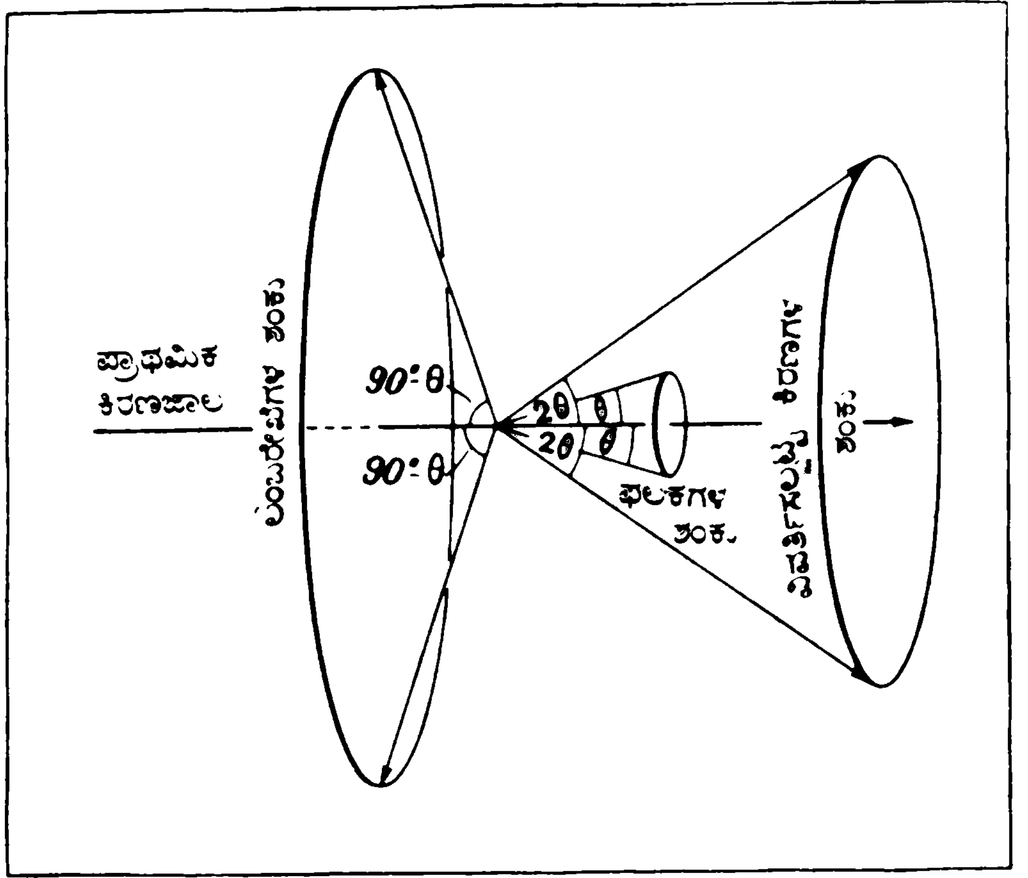
ಲೋಹದ ರೇಕಿನ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ಏಕವರ್ಣೀಯ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಪಥದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಒಂದು ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಏಕಕೇಂದ್ರೀಯ ವೃತ್ತಗಳ ವ್ಯೂಹವೊಂದು ಕಾಣಬರುವುದು. ಈ ವಿಧದ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ***ಡಿಬೈ ಸ್ಫಟಿಕ ಚಿತ್ರ*** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮೂಲವು ಯಾವುದು?

ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಯದೃಚ್ಛಾತದ್ವಾ ವಿನ್ಯಾಸಪಟ್ಟಿರುವ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಸೇರಿ ಆಗಿದೆ. ಕರಗಿಸಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ತಂಪಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸಿದಾಗ ಅನೇಕ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಏಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ತಲೆದೋರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಹರಳೂ ಎಲ್ಲಾ

ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಹರಳುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಂಧಿಸುವವರೆಗೂ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಹರಳೂ ಒಂದೇ ಆದ ಪರಮಾಣು ಸಮತಲ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ; ಇದು ಏಕೆಂದರೆ, ನಾವು ಸಂರಚನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ಹರಳುಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುವೆವು. ಈ ಸಮತಲಗಳ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಸಮತಲಗಳ 'ನಡುವಣ' ದೂರ d ಇರುವ ಒಂದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ. ಅತಿಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಒಂದು ಗಟ್ಟಿಕಾಯದ ಹರಳಿನ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಪರಿಮಾಣಗಳು, ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ಹತ್ತು ಸಾವಿರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಿರುತ್ತವೆ) ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪೈಕಿ ಆಪಾತ ಕಿರಣಕ್ಕೆ θ ಕೋನದಲ್ಲಿರುವ ಸಮತಲಗಳು ಇವೆ. ಈ ಕೋನವು ಬ್ರಾಗ್-ವುಲ್ಫ್ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಹರಳೂ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಚುಕ್ಕೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಶಂಕು ಆಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸುವ ಸಮತಲಗಳ ಲಂಬರೇಖೆಗಳಿರುವ ಇಂತಹ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಹರಳುಗಳಿಂದಲೂ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳುಂಟಾಗುವುವು (ಚಿತ್ರ 3.5). ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಕಿರಣಗಳೂ ಒಂದು ಶಂಕುವಿನ ಮೇಲೆ ಇರುವುವು. ಈ ಶಂಕುವು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕವನ್ನು ಛೇದಿಸಿದಾಗ ಒಂದು ವೃತ್ತವುಂಟಾಗುವುದು. ವೃತ್ತಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಮತ್ತು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ದೂರವು ತಿಳಿದಿದ್ದು, ಬ್ರಾಗ್ ಕೋನ θ ವನ್ನು ಕೂಡಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಆದರಿಂದ ಈ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಪದಾರ್ಥದ ಎಲ್ಲಾ ಸಮತಲಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳನ್ನು ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇಂತಹ ಒಂದು ವಿವರ್ತನ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಯಾವ ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದಾರ್ಥವನ್ನೂ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಬೇರೆ ಮಾಡಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಮತಲಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರವು ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ವಿವರ್ತನ ಬಳೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣುಗಳು ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ "ಒಂದರೊಳಗೊಂದು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದು" ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಸರಳ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಅಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರೀತಿಯ ಕ್ರಮವಿದ್ದೇ ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಗಣನಾಕ್ರಮಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬರುವಂತೆ, ಇದರ



ಚಿತ್ರ 3.5

ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ ಒಂದು ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯದ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಥವಾ (ಅಪರೂಪವಾಗಿ) ಎರಡು ಚಿತ್ತಾದ ಬಳೆಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಬಳೆಗಳು ಲೋಹಗಳು, ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳು - ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಅಮೂಲ್ಯವಾದ ವಿಷಯಗಳ ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುವು. ಪದಾರ್ಥವು ದೊಡ್ಡದಾದ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಅಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ, ಆಗ ವಿವರ್ತನ ಬಳೆಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಬೇರೆಬೇರೆಯಾದ ಚುಕ್ಕೆಗಳು ಸೇರಿ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಅಣುಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಪಟ್ಟೆ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿರದೆ, ಲೋಹದ ತಂತಿ ಅಥವಾ ತಗಟಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಪಾಲಿಮರ್ ಎಳೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ತರಕಾರಿ ನಾರುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಒಂದು ಅಕ್ಷನೇಪಿ

ಅಥವಾ ಸಮತಲವನ್ನನುಸರಿಸಿ ವಿರೂಪಗೊಂಡಿದ್ದರೆ ಆಗ ವಿವರ್ತನ ಬಳೆಗಳು ಇದನ್ನು ನಮಗೆ ಕೂಡಲೇ ವಿಶದಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ನೆಲೆಸಿರುವ ವಿಶಿಷ್ಟ ಏಕ ವಿನ್ಯಾಸಗಳಿದ್ದರೆ, ಪರಮಾಣು ಸಮತಲಗಳಿಂದ ಆಗುವ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳು ಕಿರಣಗಳ ಶಂಕು ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತುಂಬುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರಿಯಬಹುದು. ಬಳೆಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಾಪಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಏಕ ವಿನ್ಯಾಸವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಪರಿಷ್ಕೃತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಚಾಪಗಳು ಸಣ್ಣ ಚುಕ್ಕೆಗಳ ರೂಪಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವುವು.

ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರದ ರೂಪದಿಂದ ಸಂರಚನೆಯ ಮಾದರಿಯ ವಿವರವಾದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುವುದು ಸುಲಭವಾದ ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೂ ಅಲ್ಲ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಪರೀಕ್ಷಾ ಊಹೆ ಮತ್ತು ತಪ್ಪು ಸರಿ ನೋಡುವ ವಿಧಾನವು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವುದು. ಸಂಶೋಧಕನು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಊಹಿಸಿ, ತಾನು ರಚಿಸಿರುವ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಗಣನೆಗಳನ್ನೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೂ ಹೋಲಿಸಿ ತಾಳೆ ನೋಡಿ, ಪದಾರ್ಥದ ಸಂರಚನೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳುವನು.

ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಣದಲ್ಲಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ಅಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ, ದೊಡ್ಡ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಕೋನಗಳ ಮೂಲಕ ಆಗುವ ಚದುರಿಕೆಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ದೊಡ್ಡ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿನ ಚದುರಿಕೆಯು ಸಂರಚನಾತ್ಮಕ ಆವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಣ್ಣ ದೂರಗಳಿಂದ (3 ರಿಂದ 10 Å ಸುಮಾರು) ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುವುದು ಎಂದು ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಬ್ರಾಗ್-ವುಲ್ಫ್ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ (ಚದುರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು) ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು, ಮೊದಲನೆಯ (ಆಪಾತ) ಕಿರಣಜಾಲದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಸೇರುವ ವಿವರ್ತನ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿದರೆ, ಆಗ ಸಂರಚನೆಯು ದೊಡ್ಡದಾದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಆವರ್ತನ ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದಾಗುವುದು.

ಲೋಹಗಳ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಾವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ದೊಡ್ಡ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿರುವ ವಿವರ್ತನ ಬಳೆಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತೇವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ಹಲವು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್ಸ್ ಏಕಮಾನಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ಕೋಶಗಳಿರುವ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಜಾಲಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಅಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿವೆ.

ಸಂಶೋಧನೆಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕಾಯಗಳು ಬೃಹತ್ ಅಣುಗಳಿಂದ ಆಗಿದ್ದರೆ, ನಾವು

ಒಂದು ಕುತೂಹಲಕಾರಿಯಾದ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಸೇರುತ್ತೇವೆ. (ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ, ಬೃಹತ್ ಅಣುಗಳು ಸೆಲ್ಲುಲೋಸ್ ಅಥವಾ ಡಿ.ಎನ್.ಎ (DNA) ಅಂತಹ ಅನೇಕ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಚಯದ ಪಾಲಿಇಥಿಲೀನ್, ನೈಲಾನ್, ಕ್ಯಾಪ್ರಾನ್ ಇವೇ ಮುಂತಾದ ಕೃತಕ ಪಾಲಿಮರ್ ತಯಾರಿಕೆಯ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ). ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಬಳೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಗಳು ನಮಗೆ ದೊರಕುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಲೋಹಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲಿಯೂ ದೊಡ್ಡ ಕೋನಗಳ ಮೂಲಕ ಆಗುವಂತಹ ಚದರಿಕೆಯನ್ನೇ ನಾವು ನೋಡುವೆವು. ಇತರ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಆಗಾಗ, ನಾವು ಕಾಣುವುದು ದೊಡ್ಡ ವ್ಯಾಸದ ಬಳೆಗಳಲ್ಲ, ಆದರೆ ಮೊದಲಿನ (ಮೂಲ) ದಿಕ್ಕಿನಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬಾಗಿರುವ ವಿವರ್ತನ ಕಿರಣಗಳು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ದೊಡ್ಡ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎರಡು ರೀತಿಯ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳೂ ಇವೆ.

ಸಣ್ಣ ಕೋನದ ಚದರಿಕೆಯು (ಸಣ್ಣ ಕೋನದ ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡ ಕೋನದ ಚದರಿಕೆ ಎಂಬ ವಿಂಗಡಿಕೆಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುದು ತಾನೆ) ಹಲವು ನಿಮಿಷಗಳಿಂದ (ಕೋನ) 3-4° ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು. ವಿವರ್ತನ ಕೋನವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದ ಸಂರಚನೆಯ ಮೂಲಾಂಶಗಳ ಪುನರಾವರ್ತಿಯ ಅಂತರವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು ಸಹಜ ತಾನೆ.

ದೊಡ್ಡ ಕೋನದಲ್ಲಿನ ಚದರಿಕೆಯು ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಅಣುಗಳ ಒಳಗಡೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನ ವ್ಯವಸ್ಥಾ ಕ್ರಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಸಣ್ಣ ಕೋನದ ಚದರಿಕೆಯು ''ಪರ್ಮಾಲೆಕ್ಯುಲರ್'' ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ದೊಡ್ಡ ಸಂರಚನೆಗಳ ಕ್ರಮಾನ್ವಿತ ಓರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು. ನೂರುಗಟ್ಟಲೆ ಅಥವಾ ಸಾವಿರಗಟ್ಟಲೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಈ ಸಂರಚನೆಗಳೊಳಗೆ ಯಾವ ಕ್ರಮವೂ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ ಇಂತಹ ದೊಡ್ಡ ವ್ಯೂಹಗಳು ಒಂದು ಪರಿಮಾಣದ, ಎರಡು ಪರಮಾಣಗಳ, ಅಥವಾ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಜಾಲಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಸಣ್ಣ ಕೋನದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಚದರಿಕೆಯು ವಿಷಯವನ್ನೆಲ್ಲಾ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ನಾನು ಏನು ಹೇಳುತ್ತಿರುವೆನೋ ಅದರ ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಆಲೂಗಡ್ಡೆಗಳ ಮೂಟೆಗಳಿಂದ ಜಾಗರೂಕವಾಗಿ ರೂಪಿಸಲಾದ ಒಂದು ರಚನೆಯನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಇಂತಹುದೇ ಆದ

"ಮೂಟೆಗಳ" ಕ್ರಮವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಜೈವಿಕ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದುದು ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯಶಃ ಗಾಢವಾದ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದಾದುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸ್ನಾಯುಗಳ ಅಂಗಾಂಶಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ದೀರ್ಘ ಅಣುಗಳು ಗುಂಡಾದ ಸೀಸದ ಕಡ್ಡಿಗಳ ಕಟ್ಟಿನಂತೆ ಬಹಳ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಸಣ್ಣ ಕೋನದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಚದರಿಕೆಯಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವಂತೆ, ಕೋಶಗಳ ಪೊರೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವೈರಸ್ ಮುಂತಾದ ಪ್ರೋಟೀನ್ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಂತಹುದೇ ಆದ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ಕ್ರಮವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಇರುವುದು.

ವಿವರ್ತನೆಯ ತಾತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಪ್ರಮೇಯವಿರುವುದು. ನಾನು ಅದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಲು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೂ ಅದು ಸಹಜವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ವಾಚಕನಿಗೆ ತೋರುವುದೆಂಬ ಭರವಸೆ ನನಗೆ ಇದೆ. ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅಪಾರದರ್ಶಿ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನೂ ಅದಲು ಬದಲು ಮಾಡಿದರೆ ವಿವರ್ತನೆಯ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಯ ರೂಪವು ಅದೇ ಇರುವುದು ಎಂದು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಮೇಯವು ಸಂಶೋಧಕನನ್ನು ಕೆಲವು ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಕಟಕ್ಕೀಡುಮಾಡುವುದು. ಇದು ಯಾವಾಗ ಎಂದರೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಚದರಿಕೆಯು ಪದಾರ್ಥದೊಳಗಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರಗಳಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅಪ್ರಕೃತ ಒಳ ಸೇರುವಿಕೆಗಳಿಂದಾಗಲಿ ಉಂಟಾಗಿದ್ದಾಗ. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರಗಳ — ಅವುಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳು, ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರದ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೊತ್ತ ಇವುಗಳ — ಪರಿಶೋಧನೆಯು ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಕೃತಕ ನಾರುಗಳಿಗೆ ಬಣ್ಣ ಕೊಡುವುದು ಅವುಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ಈ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳ ಮೇಲೆ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಆಧಾರ ಪಟ್ಟಿರುವುದು. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರಗಳ ಅಸಮ ಹಂಚಿಕೆಯಿಂದ ಸಮ ಮಟ್ಟವಲ್ಲದ ಬಣ್ಣ ಹಚ್ಚಿರುವುದೂ ಮತ್ತು ಹಿತಕರವಲ್ಲದ ಅಂತಿಮ ವಸ್ತುವೂ ಆಗುವುದು ಎಂದು ಅರಿಯುವುದು ಸುಲಭ.

ಇದುವರೆಗೂ ಹೇಳಿರುವ ವಿಷಯಗಳಿಂದ, ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಕಿರಣ ಚಿತ್ರಣವು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗಾಗಿ ಒಂದು ವಿಧಾನವಾಗಿರುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ವಿವಿಧ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವೂ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ಈಗ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿರುವುದು.

4. ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಸ್ತರಣಗಳು

ಸಾಪೇಕ್ಷಕೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ

ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸಿದ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಮಾನವ ಪ್ರತಿಭೆಯ ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠವಾದ ಸಾಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ಗ್ರಹಗಳ ಪಥಗಳನ್ನೂ, ಆಕಾಶಬಾಣಗಳ ಮತ್ತು ಆಕಾಶನಾವೆಗಳ ಚಲನಪಥಗಳನ್ನೂ, ಯಂತ್ರಭಾಗ ವ್ಯೂಹಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನೂ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಅದರಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು. ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಕಾಸವು ನ್ಯೂಟನ್ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಗಿರುವ ಎರಡು ಮಿತಿಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿತು: ಅತಿಸಣ್ಣ ಪ್ರಮ್ಯಾಂಶಗಳ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಅವು ಅಸಮರ್ಪಕವಾಗುವುವು ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿಯವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ವೇಗಗಳುಳ್ಳ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಅವು ನಿಷ್ಫಲವಾಗುವುವು. ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳಿಗೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ***ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ*** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಅನ್ವಯಿಸುವುದು; ಬಹಳ ತೀವ್ರಗತಿಯ ಚಲನೆಯ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲು ***ಸಾಪೇಕ್ಷಕೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು*** ಅನ್ವಯಿಸುವುದು.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲಗಳು ಇರುವ ಸಂದರ್ಭ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲವಾಗುವುದು. ಅತಿಸಾಂದ್ರತೆ ಯುಳ್ಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸುವ ಕಲ್ಪನಾತೀತವಾದಷ್ಟು ತೀವ್ರವಾದ ಗುರುತ್ವಾ ಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳು ಪ್ರಥಮ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಸರಳ ಸೂತ್ರಗಳ ಮಿತಿಯಿಂದಾಚೆಗೆ ನಮ್ಮನ್ನು ದೂಡುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಪ್ರಸ್ತಾಪಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ ಆದರೆ ಈಗತಾನೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮಕಣಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿಚಾರ ಮಾಡುವಾಗ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ವೇಗಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡುವಾಗ

ಆವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಎರಡು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಸ್ತರಣಗಳ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಆರಂಭಿಸೋಣ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ಮುಖ್ಯ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಹೋಗುವ ದಾರಿಯು ಸರಳರೇಖಾತ್ಮಕವಾದ ರಸ್ತೆಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಹೋಲುವುದಿಲ್ಲ. ಅದು ವಕ್ರವಕ್ರವಾಗಿರುವುದಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೇಶಗಳ ಮೂಲಕವು ಹಾದು ಹೋಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ಆರಂಭದ ಸ್ಥಾನವು ಈಥರ್. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 19ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆರಾಮ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದರು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ಅಧ್ಯಾಪಕನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಅವನಿಗೆ ಸಲಹೆಮಾಡಲಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಆತನ ಪ್ರಕಾರ ಆ ವಿಜ್ಞಾನವು ಇನ್ನೇನು ಪರಿಪೂರ್ಣ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದಂತೆಯೇ ಆಗಿತ್ತು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ, ಬೇರೆ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕಟ್ಟಡದಲ್ಲಿ ಎರಡೇ ಎರಡು ನ್ಯೂನತೆಗಳಿದ್ದವು: ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಕಾಯದ ವಿಕಿರಣದ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದ ದೋಷಗಳು (ಇದನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಿದಾಗ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಅನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು) ಮತ್ತು ಮೈಕಲ್ಸನ್‌ನ ಪೇಚಾಡಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗ. ದ್ಯುತೀಯ ವೇಗವು ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೀಯ ಚಲನೆಯ ವೇಗದೊಡನೆ ಸಂಘಟಿತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು ಎಂದೂ ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಈಥರ್‌ನ ಗುಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾತರವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿತು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನಾಗಿಸುವ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ವಿಧದ ಕೋಮಲವಾದ ದ್ರವ್ಯದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಶಂಕಿಸುವವರು ಇರಲೇ ಇಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ನೂರು ವರ್ಷಗಳು ಕಳೆದ ಮೇಲೂ, "ಈಥರ್" ಎಂಬ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯಿಂದೇಳುವ ಅನೇಕ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಗಳಿದ್ದಾಗ್ಯೂ, ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು - ಕೆಲವರು ಅತ್ಯಂತ ಮೇಧಾವಿಗಳು - ದ್ಯುತಿಯು ದೃಗ್ಗೋಚರವಲ್ಲದ ಅಂತಿಮ ದ್ರವ್ಯದ ಚಲನೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸುವ ಏಕಮಾತ್ರ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಕೊನೆಯಿಲ್ಲದ ಸಂಪೂರಕ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಶ್ರಮಿಸಿದರು.

ಕೆಲವರು ಈಥರ್ ಒಂದು ಪ್ರಶಾಂತ ಸಮುದ್ರ - ಅದರಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದೂ; ಇತರರು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯಗಳು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗುವಂತೆ ಈಥರ್ ಕೂಡ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡಬಹುದು ಎಂದೂ ಭಾವಿಸಿದರು. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುವು ಮತ್ತು ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ

ಕೊಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಯಾರೂ ಸೂಚಿಸಲೇ ಇಲ್ಲವೆಂಬುದು ಈಗ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ಹಳೆಯ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೆ ಬಿಡದೆ ಮನ್ನಣೆ ಕೊಡುವುದರಲ್ಲಿ ಏನೇನೋ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ನೋಡುವುದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿರುವ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ವ್ಯಂಜಕಗಳನ್ನು (ಅಪಖ್ಯಾತಿಗಳಿಸಿದ $\sqrt{1-(v/c)^2}$ ಎಂಬ ವರ್ಗಮೂಲವೂ ಸೇರಿ; ಇವರಲ್ಲಿ v ಎಂಬುದು ಕಾಯದ ವೇಗ, c ಯು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗ) ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಮಂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು, ಆದರೆ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ತಪ್ಪಾದ ಅರ್ಥನಿರೂಪಣೆ ಕೊಡಲಾಯ್ತು. 1881ರಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ನೆರವೇರಿಸಲಾದ ಮೈಕಲ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗವು ಅತೀವ ಕ್ಷೋಭೆಗೊಳಿಸುವಂಥದಾಗಿದ್ದಿತು. (ಅಧ್ಯಾಯ 2ರಲ್ಲಿ ವರ್ಣಿಸಿರುವ) ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೀಯ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿಯೂ ಇರುವ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು ಎಂದು ಮೈಕಲ್ಸನ್ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದನು.

(ಈಥರ್‌ನ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಉರುಳಿಸುವ) ಈ ವಿಷಯವು ಕೂಡ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳನ್ನೂ ಪ್ರವೇಶಿಸಿ ಆವರಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ನವುರಾದ ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ನಂಬಿಕೆಯನ್ನು ಬಿಡಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈಥರ್‌ನ ಗಾಳಿಯ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಬಿಡುವಂತೆ ಮೈಕಲ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗವು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸುವುದೇ? ಒಳ್ಳೆಯದು, ಗಾಳಿಯನ್ನು ತ್ಯಜಿಸುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿಶ್ಚಲವಾದ ಈಥರ್‌ನೊಡನೆ ವಿಶ್ವವು ಇನ್ನೂ ಸುಂದರವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ಎಲ್ಲಾ ಖಗೋಳೀಯ ಕಾಯಗಳೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುವೋ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಆ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಮೈಕಲ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಸರ್ ಜೋಸೆಫ್ ಲಾರ್ಮರ್ (1857-1942) ಮತ್ತು ಹೆಂಡ್ರಿಕ್ ಆನ್‌ಟೂನ್ ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ (1853-1928) ಅಂತಹ ವಿಖ್ಯಾತ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಾಯಗಳು ತಮ್ಮ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಂಕೋಚಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಗತಿಶಾಸ್ತ್ರದ ಅನೇಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಕೊಟ್ಟ ವಿವರಣೆಗಳಲ್ಲಿನ ತಾತ್ವಿಕ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಗಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕೃತಕ ಸ್ವರೂಪಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಒಂದು ಕೊರತೆಯ ಮನೋಭಾವವೇರ್ಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು.

ನಮ್ಮ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನಿಂದ (1879-1955) ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ಈ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಗಳ ಕಗ್ಗಂಟು ಕತ್ತರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಾದಸರಣಿಯ ಆರಂಭ ಸ್ಥಾನವು ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ವವಾಗಿದ್ದಿತು.



ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ (1879-1955)—ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಭೌತಿಕ ಆಲೋಚನಾ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕ್ರಾಂತಿಗೊಳಿಸಿದ ಅದ್ಭುತ ಮೇಧಾವಿ. 1905ರಲ್ಲಿ, ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. 1907ರಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಕಾಯದ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದನು. 1915ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ತನ್ನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಿ →

ಗೆಲಿಲಿಯೋ ನಂತರ, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಗಳ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ, ಎಲ್ಲಾ ಜಡಾತ್ಮಕ ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟುಗಳೂ ಸಮವಾಗಿವೆ (ಈ ಮಾಲೆಯ ಒಂದನೆಯ ಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಜಡಾತ್ಮಕ ವ್ಯೂಹಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಪುನರ್ವಿಮರ್ಶಿಸಿ) ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಯಾರಿಗೂ ಯಾವ ಸಂಶಯವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಈ ಸಮತ್ವವಿದ್ದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಅದು ಅನ್ವಯವಾಗದಿದ್ದುದು ವಿಚಿತ್ರವೂ ಮತ್ತು ರಸಾಭಿಜ್ಞತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅಹಿತವೂ ಆಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈಗ ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ವವು ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆದರೆ ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಅಸಮಂಜಸತೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲವೆ? ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ದ್ಯುತಿಯ ತರಂಗವು ಅವಕಾಶದೊಳಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಲಾರಂಬಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ ಮೂಲವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವುದೋ ಅಥವಾ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದೆಯೋ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ನಾನು ಗಮನಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗಿದ್ದಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ವೇಗವು (299 792 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ) ಪರಸ್ಪರವಾಗಿ ಎಷ್ಟೇ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವೇಗ v ಉಳ್ಳ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದಲೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

ನೇರವಾಗಿರುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಪ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗ v ಯೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ರೈಲು ಇದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ರೈಲು ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಒಂದು ಹೆದ್ದಾರಿಯಿದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಬ್ಬ ಮೋಟಾರ್ ಸೈಕಲ್ ಸವಾರನು ಅತಿ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಧಾವಿಸುತ್ತಿರುವನು. ವಾಹನಸಂಚಾರ ಅಧಿಕಾರಿಯೊಬ್ಬನು ಅಪರಾಧಿಯನ್ನು ನೋಡುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ತನ್ನ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೇಡಾರ್ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮೋಟಾರ್ ಸೈಕಲ್ 85 ಕಿ.ಮೀ./ಘಂ. ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದೆಂದು ಗೊತ್ತುಮಾಡುತ್ತಾನೆ.

→ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಹೊಸ ನಿಯಮಗಳೂ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ನಿರ್ಣಯಗಳೂ ಹೊರಬಿದ್ದವು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಕೊಡುಗೆಯು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದೊಂದಿಗೆ ಮುಗಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಆತನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ (ಫೋಟಾನ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ) ದ್ಯುತಿ ಕಣವೆಂದು ಇರುವುದು ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬಂದನು ಮತ್ತು ಈ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ (ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡು) ಹಲವು ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡ ಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ರೈಲುಬಂಡಿಯ ಎಂಜಿನಿಯರ್ ಮೋಟಾರ್ ಸೈಕಲ್ ಸವಾರನ ಕಡೆ ನೋಡುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ರೈಲಿನ ಸಮಕ್ಕೆ ಬಂದು ಅವನ್ನು ಮೀರಿ ಮುಂದೆ ಹೋಗುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತಾನೆ, ಮೋಟಾರು ಸೈಕಲಿನ ವೇಗವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಈ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಏನೂ ತೊಂದರೆ ಇಲ್ಲ. ಅದು $u' = 35$ ಕಿ.ಮೀ/ಘಂ. ಆಗಿರುವುದು. ರೈಲಿನ ವೇಗವು 50 ಕಿ.ಮೀ/ಘಂ. ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ; ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ನಿಯಮವು ಸತ್ಯವಾಗಿರುವುದು:

$$u = v + u'$$

ಅತ್ಯಂತ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತೋರುವ ಈ ನಿಯಮವು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸರಿಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಡಾತ್ಮಕ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿರುವ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುವು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಅಸಾಧಾರಣ ಕಲ್ಪನಾ ಶಕ್ತಿಯು ಇರುವುದು ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ: ಎಲ್ಲಾ ಭೌತ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಏಕೈಕ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ, ಈ ಅತ್ಯಂತ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ನಿರಾಕರಿಸಿದುದಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳ ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನೇ ತ್ಯಜಿಸುವ ಧೈರ್ಯಮಾಡಿದನು.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಮೈಕಲ್ಸನನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬೇಕಾದ ವಿಷಯವೇನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದ ಅದು (ವೇಗವು) ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ: ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿಯೂ, ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು.

ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ಪರಮಾವಧಿ ವೇಗವೆಂದು ಈಗ ತಾನೆ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ತತ್ವಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. * ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು

---

* ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ದ್ಯುತಿ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಎಷ್ಟು ಬೇಕಾದರೂ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳ ಇರುವಿಕೆಯು ಸಾಪೇಕ್ಷತೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ತಾತ್ವಿಕರು ಇವುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತಾರೆ: ಅವುಗಳನ್ನು ಟ್ಯಾಕಿಯಾನ್ಸ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಕಣಗಳು ಇದ್ದುದಾದರೆ, ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ಅವುಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಮಿತಿಗೊಳಿಸುವ ವೇಗವಾಗುವುದು - ಅದು ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮಟ್ಟದ ವೇಗವಾಗದೆ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟದ ವೇಗವಾಗುವುದು. →

ಯಾವ ದ್ಯುತಿ ಮೂಲದ ವೇಗದೊಡನೆಯೂ ಸಂಘಟಿತವಾಗದೆಯೇ ಇದ್ದರೆ, ಬೆಳಕನ್ನು ಮುಂದುವರಿದು ಹಿಡಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದಾಗುತ್ತದೆ. ತನ್ನ ನೆನಪುಗಳ ಕಥನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು **1896**ರಷ್ಟು ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿಯೇ ತಾನು ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದುದಾಗಿ ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಂಡಿರುವನು: "ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ತರಂಗವನ್ನು ದ್ಯುತಿ ವೇಗದೊಡನೆ ಹಿಂಬಾಲಿಸಹೊರಟರೆ ಆಗ ಕಾಲವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸದೇ ಇರುವ ಒಂದು ತರಂಗ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಗುವುದೇ? ಇದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತೋರುವುದು."

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ: ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುವ ಕಣವು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಈ ಹೇಳಿಕೆಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಗಮನಕೊಡೋಣ. ಇದು ಪುನಃ ಪುನಃ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿರುವಷ್ಟು ವಿರೋಧಾಭಾಸವಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವು ಭೂಮಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಒಂದು ಗ್ರಹ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹೊರಟರೆ, ಆಗ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಒಂದು ಅವಕಾಶ ವಾಹನದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಹಾರುತ್ತಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿಂದಲೂ ಅಳತೆಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಾಗ ಆ ತರಂಗದ ವೇಗವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಈ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುವ ಯಾವ ಕಣಕ್ಕಾದರೂ ಸತ್ಯವಾಗಿರುವುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಗೆ ಯಾವ ವಿನಾಯಿತಿಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈಗ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯದ ವೇಗವು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಾಗ ಏನಾಗುವುದು? ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ರೂಢಿಯಾಗಿರುವ ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ಸರಳ ಸೂತ್ರವು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ಸಾಧಾರಣ ನಿಯಮದಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕಾಯದ ವೇಗವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರಲಾರಂಭಿಸುವುದು.

ಸಾಪೇಕ್ಷಕೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು - ತೀವ್ರ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಕಾಯಗಳ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಹೆಸರು ಇದು - ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಗೆ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನೀಡುವುದು:

→ ನನ್ನ ಸ್ವಂತ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿ ಈ ಟ್ಯಾಕಿಯಾನ್ಸ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಅಂದವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ವಿನೋದ ವಸ್ತು. ಟ್ಯಾಕಿಯಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರಪಂಚವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಆಗ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳ ಮೇಲೆ ತತ್ವಶಃ, ಆ ಪ್ರಪಂಚದ ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

$$V = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ಸರಳ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗುವ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇರಬೇಕಾದರೆ v ಮತ್ತು v' ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಏನಾಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ **ಅಂದಾಜುಮಾಡಿ ನೋಡಿ.**

ಆಕಾಶಯಾನದ ವಿಚಾರ ಏನು? ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಹತ್ತು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವೇಗಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ಸಾಧಾರಣ ನಿಯಮವು ಕಾರ್ಯ**ಕಾರಿಯಾಗುವುದೇ?**

ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವನ್ನು ಗಳಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಹಾರುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಅವಕಾಶ ವಾಹನದಿಂದ ಎರಡನೆ ಆಕಾಶಯಾನ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಎಸೆಯುವುದು ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಮಾರ್ಗವೆಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಸೌರವ್ಯೂಹದ ದೂರ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ ಆಕಾಶವಾಹನವನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಒಂದು ಮಾರ್ಗವಾಗಬಹುದು. ಭೂಮಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಆಕಾಶವಾಹನದ ವೇಗವನ್ನು v ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಆಕಾಶವಾಹನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅದರಿಂದ ಎಸೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಆಕಾಶಯಾನದ ವೇಗವು v' ಎಂದೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ. v ಮತ್ತು v' ಎಂಬ ಎರಡು ವೇಗಗಳೂ 10 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ.ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುವು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ಈಗ ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ನಿಖರವಾದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಭೂಮಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಆಕಾಶಯಾನದ ನಿಖರವಾದ ವೇಗವನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ. ಛೇದದಲ್ಲಿನ 1 ಎಂಬುದಕ್ಕೆ $10^2/(9\times10^{10})=10^{-9}$ ಎಂಬ ಭಿನ್ನರಾಶಿಯನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕು. ತಿದ್ದುಪಡಿಯು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲ, ಅಂದರೆ ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸೂತ್ರವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದು.

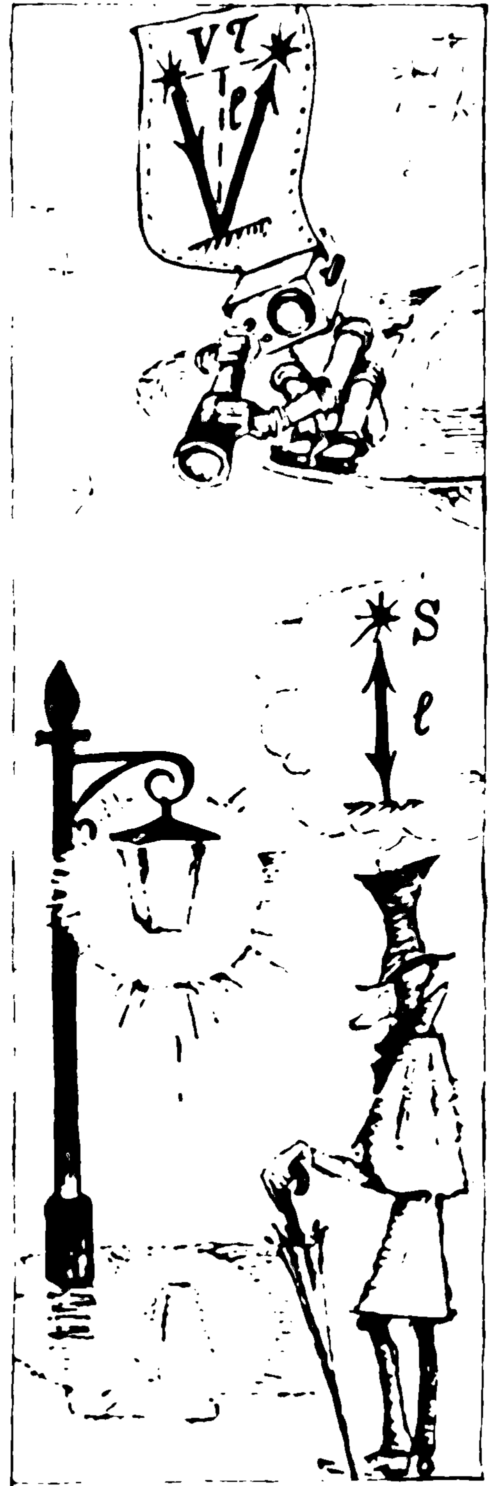
ಈಗಿರುವ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಇದು: ಸಾಪೇಕ್ಷತೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುವುದು? ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ದೊರಕುವುದು, ಆದರೆ ಅಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಈಗತಾನೆ ಮಂಡಿಸಲಾದ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ನೋಡಲು ಮುಂದುವರಿಯೋಣ. ವೇಗಗಳ ಸಂಘಟನೆಯ ತತ್ವವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಬಿಡುವ ಒತ್ತಾಯವೇರ್ಪಟ್ಟುದರಿಂದ, ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಇತರ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಆವಶ್ಯಕವಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ನಾವು ಸಿದ್ಧರಾಗಿರಬೇಕು.

ನಾವು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಮೈಕಲ್ಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗವು ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದ್ದಿತು. ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿಯೂ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿಯೂ ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು ಎಂದು ಮೈಕಲ್ಸನ್ ನಿರ್ಧಾರಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ನಾವು ಮೈಕಲ್ಸನ್ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಿಯಲ್ಲಿನ ಕಿರಣಗಳ ಪಥವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ, ಬದಲಾಗಿ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸರಳವಾಗಿರುವ ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುವೆವು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಜಾಗದಲ್ಲಿ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈ ಯಿಂದ l ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗೋಪುರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸರಳರೂಪದ ಲೇಸರ್ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವ್ಯವಸ್ಥೆಮಾಡಿದೆ. ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲವು ಭೂಮಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ತಾನು ಹೊರಟ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವು ಪ್ರತಿಫಲಿತ ದ್ಯುತಿಯನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುವ ಸಲಕರಣೆಯೂ ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಹಾಗೆ ಭಾವಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳಿಂದ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ಸ್ವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ **4.1**ರಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು S ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಷ್ಕಾರವಾದ ನಿಲ್ಗಡಿಯಾರ ಒಂದನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ನಾವು ಎರಡು ಸಮಯಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು: ಮೊದಲನೆಯದು ದ್ಯುತಿಯು ಹೊರಟಾಗ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದು ಅದು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ.

ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರು ಈ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತಾರೆ. ಮೊದಲನೆಯವನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತಾನೆ, ಎರಡನೆಯವನು ದೂರದ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುತ್ತಾನೆ. ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರೂ, ದ್ಯುತಿಯ ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಅದು S ಬಿಂದುವಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುವುದು. ಈ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ನಡುವಣ ಕಾಲಾಂತರ τ ಎಂಬುದನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವರು. ಮೊದಲನೆಯವನು ಕಿರಣದ ಪಥವನ್ನು ನಕ್ಷೆ ಮಾಡುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ಅದು ಅತಿ ಸರಳವಾಗಿರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಅಲ್ಲಿಗೆ ಹೋಗುವಾಗಲೂ ಮತ್ತು ಹಿಂತಿರುಗುವಾಗಲೂ ಕಿರಣದ ಪಥವು ಒಂದೇ ಎಂದು ಆತನು ನಂಬುತ್ತಾನೆ. ಅವನ ವಾದಕ್ರಮವು $\tau = 2l/c$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಕನು ದ್ಯುತಿಯು ತನ್ನ ಪ್ರಯಾಣವನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವಾಗ ಹೊರಡುವ ಸ್ಫುರಣವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸುತ್ತ ಅದು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ ಸೇರುವುದನ್ನು ಗುರುತಿಸಿಡುತ್ತಾನೆ.



ಚಿತ್ರ 4.1

ಅವನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ಕಾಲಾಂತರವು τ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಸರಿಯಾಗಿ ನಡೆಸಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಅವನೂ ಕಿರಣದ ಪಥದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಎಳೆಯುತ್ತಾನೆ. ಅವನಿಗಾದರೊ, ನಿಲ್ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ನಡೆಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತಾನು ಗುರುತಿಸಿದ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೂ S ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣದ ಪಥವು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ತನಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಭೂಮಿಯ ವೇಗವು ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದು, ಆದರಿಂದ ಅವನಿಗೆ ಒಂದು ಸಮ ದ್ವಿಬಾಹು ತ್ರಿಭುಜವು ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಅದರ ತಳವು $v\tau$ ಮತ್ತು ಅದರ ಎತ್ತರವು l ಗೂ ಸಮವಾಗಿರುವುವು. ಪೈಥಾಗೊರಾಸ್ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ದ್ಯುತಿಕಿರಣವು ಸಾಗಿರುವ ಪಥವು $2\sqrt{l^2 + (v\tau/2)^2}$ ಗೆ ಸಮ ಎಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ವೀಕ್ಷಕನು ತಿಳಿಯುವನು. ಇದು $c\tau$ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗವು ಎಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು ಹಾಗಿರುವ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ, ಎರಡು ಸಮಯಗಳ ನಡುವಣ ಕಾಲಾಂತರವು

$$\tau = \frac{2l}{c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಇದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕಾರಿಯಾದ ಫಲಿತಾಂಶ! ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಅದೇ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ನಡುವಣ ಕಾಲಾಂತರವು $2l/c$ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ, ನಾವು ಒಂದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾದ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬೇಕಾಗುವುದು: ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವ ಕಾಲವು, ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು.

ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನ ಕಾಲಕ್ಕೆ ನಿಜ ಕಾಲ **(ಸ್ವಾನುಭವ ಕಾಲ)** ಎಂದು ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು τ_0 ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು. v ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನ ಕಾಲವು ನಿಜ ಕಾಲದೊಂದಿಗೆ

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}, \text{ ಇಲ್ಲಿ } \beta = \frac{v}{c}$$

ಎಂಬ ವ್ಯಂಜಕದ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯುವುದು. ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲಭೂತ ಆಧಾರಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರೆ, ಇಂತಹ ತೀರ್ಮಾನವು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಏಕಕಾಲತೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬಿಡಬೇಕಾಗುವುದು ಎಂಬ ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ತೋರುವ ಪರಿಣಾಮವುಂಟಾಗುವುದು.

ಹಾಗಾದರೆ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಜಿಮ್ ತುಪಾಕಿಯನ್ನು ಹಾರಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಜಾನ್ ಗುಂಡೇಟಿನಿಂದ ಸತ್ತನು ಎಂದೂ, ಮತ್ತೊಬ್ಬನ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಜಾನ್ ಮೊದಲು ಸತ್ತನು, ಜಿಮ್ ಗುಂಡು ಹಾರಿಸಿದ್ದು ಆಮೇಲೆ ಎಂದಾಗಬಹುದಲ್ಲವೇ? ಸಾಪೇಕ್ಷತೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಇಂತಹ ಅವಿವೇಕದ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶ ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ವಾಚಕನು ಭರವಸೆಯಿಂದ ಇರಬಹುದು. ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧ ತತ್ವವು ಎಂದಿಗೂ ಉರುಳುವುದಿಲ್ಲ. ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೂ ಅರ್ಥವಾಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇದರ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಅದು ಈ ಪುಸ್ತಕದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಮೀರಿರುವುದು.

ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಯ ಸಮರ್ಥನೆ ಎಂದು ಈಗಲೂ ಮುಂದಿಡಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವ ಅವಳಿಜವಳಿಗಳ ವಿರೋಧಾಭಾಸದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಅಪ್ರಸಕ್ತವಾಗಲಾರದು. ಜಾನ್ ಮತ್ತು ಪೀಟ್ ಇಬ್ಬರೂ ಅವಳಿಜವಳಿಗಳು. ಪೀಟ್ ಎಂಬುವನು ಜಾನ್‌ನಿಂದ ಬೀಳ್ಕೊಂಡು, ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪವಾದ ವೇಗದೊಡನೆ ಆಕಾಶಯಾನ ಮಾಡಲು ಹೊರಡುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಾನಂತರ ಭೂಮಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತಾನೆ. ಪೀಟ್‌ನ ಗಡಿಯಾರವು ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಅವನು ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಯೌವನದೊಡನೆ ಭೂಮಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಅವನ ಒಡಹುಟ್ಟಿದವನಾದ ಜಾನ್ ಆದರೋ ಮುದುಕನಾಗಿ ದುರ್ಬಲನಾಗಿರುತ್ತಾನೆ.

ಆದರೆ - ಯಾರು ಯಾವುದನ್ನು ಒಪ್ಪುವರು ಎನ್ನುವುದನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ಅದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಆಗಿಯೋ ಅಥವಾ ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಆಗಿಯೋ, - ಇಂತಹ ಸಮಾಗಮವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅದಾಗಿ ಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ಸೂತ್ರಗಳು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ನಾವು ತಪ್ಪದೆ ಇದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ. ಇಲ್ಲಿ

ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಪೀಟ್ ತನ್ನ ವೇಗದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹಿಂದುಮುಂದು ಮಾಡಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಜಡಾತ್ಮಕ ವ್ಯೂಹಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತೀರ್ಮಾನಗಳು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ.

ಕಾಲದ ಸಾಪೇಕ್ಷಕತ್ವವು ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಏಕಮಾತ್ರ ಪರಿಣಾಮವಲ್ಲ. ವೀಕ್ಷಕನ ನಿಜ ಗಡಿಯಾರವು ಎಲ್ಲಾ ಬೇರೆ ಗಡಿಯಾರಗಳಿಗಿಂತ ಶೀಘ್ರಗತಿಯಿಂದ ನಡೆಯುವ ಹಾಗೆಯೇ, ತನ್ನ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಿರುವ ಒಂದು ದಂಡದ ಉದ್ದ l_0 ಎಂಬುದು ಪರಮಾವಧಿ ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯ ಉದ್ದ. ದಂಡದ ದಿಕ್ಕನ್ನನುಸರಿಸಿ v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ, ಅದೇ ಉದ್ದವು $l_0\sqrt{1-\beta^2}$ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಅದೇ ವರ್ಗಮೂಲ ಚಿಹ್ನೆಯು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಸೂಚಕದಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಬರುವುದು. ವೀಕ್ಷಕನು ತನ್ನ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ **ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ** (m_0) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳದ್ದು. ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

ವೇಗದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯೊಡನೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚಳವು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ವೇಗಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇದ್ದರೆ ಒಂದು ಕಣವು ಆ ಮಿತಿಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಾ ಹೋದಾಗ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕಣವನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದರ ಅರ್ಥವು ಇದೇ.

ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ, ದೂರ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಇವುಗಳ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ವರ್ಗ ಮೂಲಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಏಕಾಂಕಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗಗಳ ಅನುಭವವು ಏರ್ಪಡಲಿಲ್ಲ. ಕಾಲದ ಸೂತ್ರದ ಸತ್ಯತೆಯು (ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ) ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟುದು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಮಾತ್ರ.

ಈಗ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ವೇಗವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವ ವಿಷಯವಾಗಿ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಲೇಖನವು ಪ್ರಕಟಿತವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದಿತು. ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಸೂತ್ರವು ಈ ಪದದ ಪೂರ್ಣವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಸೂತ್ರ. ಮುಂದಿನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ನಾವು ನೋಡುವಂತೆ, ಅದರ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆ, ಆಧುನಿಕ ಕಣಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವುದು ಕೂಡ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಬಹಳ ದುಬಾರಿ

ಬೆಳಕು ಈ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಕಣಗಳನ್ನು, ವರ್ಗಮೂಲವು ಏಕಾಂಕಕ್ಕಿಂತ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಅತಿಸಮೀಪವಾಗುವಷ್ಟು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು.

ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ವೇಗವನ್ನವಲಂಬಿಸುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಸೂತ್ರವು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಗಿಂತ ಹಿಂದೆಯೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಆದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಆಗಮನಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಅದಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟ ಅರ್ಥವಿವರಣೆಯು ತಪ್ಪಾಗಿತ್ತು.

ಆದರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸುವ $E = mc^2$ ಎಂಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಈ ಸೂತ್ರವೂ ಮತ್ತು l, τ, m ಇವುಗಳು ವೇಗದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದೂ, ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳಿಂದ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಿ ಬರುವುವು.

ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗದ ವರ್ಗದಿಂದ ಗುಣಿಸಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಅದು mc^2 ಎಂದಾಗುವುದು. ಅದೇ ಕಾಯವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು m_0c^2 ಆಗುವುದು. ಈ ಎರಡು ದ್ಯೋತಕಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಬರೆಯೋಣ:

$$mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

ಸುಲಭವಾದ ಸನ್ನಿಕಟತೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡರೆ, ಗೊತ್ತಾಗುವುದೇನೆಂದರೆ

$$\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 1 + \frac{1}{2}\beta^2$$

(ಇದರ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ಓದುಗ ಸುಲಭವಾಗಿ ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು) ನಾವು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಈಗ ಈ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದು:

$$mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0v^2}{2}$$

ಇದು ಕಾಯದ ಚಲನಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಈ ಸಮೀಕರಣದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಆಲೋಚನೆಮಾಡುತ್ತ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಈ ಮುಂದಿನ ಮೂಲಭೂತ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಬಂದನು. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು

$$E = mc^2$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯ ಶಕ್ತಿ m_0c^2 ಮತ್ತು ಚಲನ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳೆರಡೂ ಸೇರಿ ಆಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಕಾಯದ ಆಂತರಿಕ ಸಂರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಯಾವ ವಿಷಯವೂ ತಿಳಿಯದೆಯೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಘಟಕಗಳಾದ ಕಣಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳೇನೆಂಬುದು ತಿಳಿಯದೆಯೇ, ಅದರ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು

$$U = m_0c^2$$

ಆಗಿರುವುದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಕಾಯದ ಅಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು 10^{17} ಜೂಲ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು, ಇದು ಮೂವತ್ತು ಲಕ್ಷ ಟನ್‌ಗಳಷ್ಟು ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಉರಿಸಿದರೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತವಾಗುವುದು. ನಾವು ಇಷ್ಟರಲ್ಲಿಯೇ ಅರಿಯುವಂತೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದಾಗಲಿ ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಲು ಶಕ್ತರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ $E = mc^2$ ಸಮೀಕರಣ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕು. ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾದುದು. ಆದರೆ ಇದೂ ಕೂಡ ಆಕಾಶಯಾತ್ರಿಕರ ಗಡಿಯಾರಗಳಂತೆಯೇ. ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೂ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಟನ್ ಮಾಲಿಬ್ಡಿನಂ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು 1000 ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಕಾಯಿಸಿ. ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯು ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ 30 ಲಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಿರುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಆಂತರಿಕ ಬಲಗಳ ಅದ್ಭುತ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಂದಲೇ $E = mc^2$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ನಾವು ಮನಗಾಣುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಸಮೀಕರಣದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೆಲವು ಅಕ್ರಮವಾದ ಹೇಳಿಕೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಾಚಕನಿಗೆ ಮುನ್ಸೂಚನೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಒಂದು ಸುಸಮಯ. ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಕೆಲವರು ಹೇಳುವರು; ಅಥವಾ ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ

ಹೆಚ್ಚು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ದ್ರವ್ಯವು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, $E = mc^2$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವು ಹೇಳುವುದೇನೆಂದರೆ, ದ್ರವ್ಯದ ವಿಧವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿಧವಾದ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಾದರೂ, ಆ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು, ಅದಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವೆರಡೂ ದ್ರವ್ಯದ ಪರಸ್ಪರ ಏಕಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧವಿರುವ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಗಳು.

ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕೆ ಅತಿಸಮೀಪದ ವೇಗಗಳಿರುವ ಕಣಗಳು

ಈ ವಿಶ್ವವು ರಚಿತವಾಗಿರುವ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂಲ ರಚನಾಪ್ರಸ್ತಾರಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯು ವಿಶ್ವದಷ್ಟೇ ಹಳೆಯದಾಗಿರುವುದು. ಆದರೂ ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಈ ವಿಷಯವು ಕಣಿ ಹೇಳುವವರ ವಿಚಾರಸರಣಿಗೆ ತುತ್ತಾಗಿತ್ತು. ಅಣುಗಳನ್ನೂ, ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಅನುಕೂಲ ಸಂದರ್ಭವುಂಟಾದಾಗ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸ್ಫೂರ್ತಿಯಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ದೃಢ ಮನೋಭಾವದಿಂದಲೂ ಸಮುಚ್ಚಯ ಸಾಧನೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಂಡರು. ಈ ಕಾರ್ಯವು ಇಂದಿಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದೆ ಮತ್ತು ಯಥಾರ್ಥವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಕೊನೆ ಇರುವುದೇ ಕಾಣುತ್ತಿಲ್ಲ.

ವಿಶ್ವವು ಯಾವುದರಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಘಟಕ ಕಣಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಿ ಒಡೆಯಬೇಕಾದುದು ಸರಿಯಷ್ಟೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ "ಪ್ರಕ್ಷೇಪ್ಯ"ಗಳು ಬೇಕಾಗುವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಪ್ರಕೃತಿಯ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಭೇದಿಸುವುದರ ಭರವಸೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು.

ಶೀಘ್ರಗತಿಯ ಕಣಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಚರಿತ್ರೆಯು 1932ರಲ್ಲಿ ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಸಹಸಂಶೋಧಕರು 500 ಕಿಲೋಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವ ಒಂದು ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದಾಗ ಆರಂಭವಾಯ್ತು. ಅನಂತರ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮೆಗಾಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಅಳತೆಯ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ತ್ವರೆಗೊಳಿಸಬಲ್ಲ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ರಚನೆಯಾಯ್ತು (ಮೆಗಾ ಎಂದರೆ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ). ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ನೂರು ಕೋಟಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್ ಬಂದಿತು ಮತ್ತು ಗಿಗಾ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾಯಿತು (ಗಿಗಾ

ಎಂದರೆ ನೂರು ಕೋಟಿ). ಇಂದು, ಕೋಟಿ ಲಕ್ಷ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ಯಂತ್ರಗಳ ರಚನೆಯ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮುಂವಿಡಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಸೆರ್ಪುಖೊವ್ (ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯ) ನಲ್ಲಿ 1975ರಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಮ್ಮೇಳನದಲ್ಲಿ 16 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಯಂತ್ರದ ರಚನೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಯ್ತು.

ಈ ಯಂತ್ರಗಳು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸಮಾಡುವುವು, ಏತಕ್ಕಾಗಿ ಅವು ವರ್ತುಲಾಕಾರವಾಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಇದೆಲ್ಲಾ ಮಾಡುವ ಅಭಿಪ್ರಾಯವೇನು ಮುಂತಾದ ಸ್ವತಸ್ಸಿದ್ಧವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ವಾಚಕನು ಈಗಾಗಲೇ ಕೇಳುತ್ತಿರಬೇಕು.

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಬಂಧಕಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿದ ಯಾವ ಒಂದು ಸಲಕರಣೆಯೂ ಕಣಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವಾಗಿ ವರ್ತಿಸಬಲ್ಲುದು. ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕಣದ ಚಲನಶಕ್ತಿಯು

$$\frac{mv^2}{2} = eU$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು (ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬಳಸಿದ್ದೇವೆಂದರೆ ಇಷ್ಟು ಹೊತ್ತಿಗೆ ಅದು ವಾಚಕನ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ದೃಢವಾಗಿ ನಿಂತಿರಬಹುದು. ಹಾಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತೂ ಒಳ್ಳೆಯದೇ ಆಯ್ತು). ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಮತ್ತು ಟೆಲಿವಿಜನ್ ನಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಕೂಡ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಆದರೆ, ಈ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ವಿಧಾನವು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವೇಗಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. "ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ" ಎಂಬ ಪದವು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ವೇಗಗಳಿಗೆ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಲ್ಲ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು. ಈ ಗುರಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ, ಕಣವನ್ನು ಒಂದಾದಮೇಲೆ ಒಂದರಂತೆ ಹಲವಾರು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ಸರಳರೇಖಾತ್ಮಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಅಷ್ಟು ಅನುಕೂಲಕಾರಿಯಲ್ಲ ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಕೆಲವೇ ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗಾಗಿ ಅನೇಕ ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಪಥದ ಉದ್ದವು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಈ ಮಾರ್ಗದಿಂದ 1000 ಕೋಟಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ಪಥದ ಉದ್ದವು ಬೇಕಾಗುವುದು.

೨೬. ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಇಂತಹ ಪಾತಳೀಯ ಬಲಪ್ರಯೋಗದ ಮಾರ್ಗವು ಸೂಕ್ತವಲ್ಲ. 1934ರಲ್ಲಿ ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ಒರ್ಲಾಂಡೊ ಲಾರೆನ್ಸ್ (1901-1958) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಆಧುನಿಕ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ರಚನೆಯ ಆವಿಷ್ಕಾರವನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಅವುಗಳಿಗೆ ಆತನು **ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್**ಗಳು ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟನು. ಒಂದೇ ಯಂತ್ರವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಕಣವು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಪಡೆಯುವುದೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಆರಂಭದ ಅಂತರ (ತೆರಪು) ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಅನೇಕ ಸಲಗಳು ಹಿಂತಿರುಗುವುದೂ ಇವೆರಡೂ ಒಟ್ಟಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಲಾರೆನ್ಸ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಅದರ ವ್ಯಾಸವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಎರಡಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿರುವ ಒಂದು ತಗಡಿನ ಡಬ್ಬಿಯಂತೆ ಕಾಣುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಶೀಘ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಲವನ್ನು ಎರಡು ಅರ್ಧ ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು ಎರಡು ಅರ್ಧಗಳ ನಡುವಣ ತೆರಪುಗಳನ್ನು ಹಾಯುವ ಕಾಲಾವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುವುವು. "ತಗಡು ಡಬ್ಬಿ"ಯ ಒಳಗಡೆ, ಅದರ ತಳಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ಬಲರೇಖೆಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಕಣಗಳು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣವು

$$R = \frac{mv}{eH}$$

ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದು ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಭ್ರಮಣದ ಆವರ್ತ ಕಾಲವು

$$T = \frac{2\pi m}{eH}$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಯಂತ್ರದ ತೆರಪುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಲದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಕಾಲವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಬೇಕೆಂದರೆ, ಎರಡು ಅರ್ಧಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಣವು ಬಂದು ಸೇರುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯುದ್ವಲದ ಚಿಹ್ನೆಯೂ ಬದಲಾಗಬೇಕು.

ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಯಂತ್ರದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದನೆಮಾಡಲಾಗುವುದು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಜಲಜನಕದ ಅಯಾನೀಕರಣದಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುವು). ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ವೃತ್ತವು ಸಣ್ಣ ತ್ರಿಜ್ಯ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವೃತ್ತವೂ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಈಗತಾನೆ ನಾವು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸೂತ್ರದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ಅದು (ತ್ರಿಜ್ಯವು) ಕಣದ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ಅದರೊಂದಿಗೆ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬೇಕಾದರೂ ಕಣಕ್ಕೆ ನೀಡಬಹುದು ಎಂದು ಕಾಣಬಹುದು. ಮತ್ತು ನಾವು ಅಪೇಕ್ಷಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತಲುಪಿದಾಗ, ಕಣಗಳ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಪಥದಿಂದ ಬಾಗಿಸುವ ಒಂದು ಫಲಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ವೃತ್ತದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು ಅಷ್ಟೇ. ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ವೇಗವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಇದು ಒಂದು ಆದರ್ಶ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಏನೂ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಉಪಯೋಗವಿಲ್ಲದಿದ್ದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಸಮೀಕರಣವು ಈಗ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ರಚನೆಗೆ ಆಧಾರವಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ವೇಗದೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಹೋಗುವುದರಿಂದ, ಕಕ್ಷೀಯ ಆವರ್ತನ ಕಾಲವು ಅಪ್ರತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ, ಅದು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಕಣವು ಬಂದು ಸೇರುವುದು ಸಾವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ತೆರಪನ್ನು ಅದು ಸೇರುವ ಸಮಯವು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು 180 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದಾಗ ಅಲ್ಲ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಆಮೇಲೆ. ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಕಣಗಳನ್ನು ತೀವ್ರಗೊಳಿಸದೆ ಇರುವುದಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಮಂದಗೊಳಿಸುವಂತೆಯೂ ಆಗುವ ಸಮಯವೇರ್ಪಡುವುದು.

ಒಂದು ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು 20 ಮೆಗಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ತೀವ್ರಗತಿಗೆ ಮುಟ್ಟಿಸುವುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಇದೇನೂ ತುಂಬಾ ಹೆಚ್ಚಾದುದಲ್ಲ. ನಾನು ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವರು. ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ತಲುಪಬೇಕಾದರೆ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಹೊಸ ದಾರಿಗಳನ್ನು ಹಿಡಿಯಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೀಯ ಆವರ್ತನ ಕಾಲದ ಸಮೀಕರಣವು ನಾವು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ವೇಗದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯೊಡನೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ,

ಆವರ್ತನ ಕಾಲವನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನೂ ಸುಯಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕು. ಇದು ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸುಲಭವಾದ ಪರಿಹಾರ ಮಾರ್ಗವೆಂಬುದೇನೋ ನಿಜ. ಕಕ್ಷೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಣದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಆವರ್ತದೊಡನೆಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬೇಡಿ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಮಕಾಲಿಕ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವ ಪರಿಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತಿರಬೇಕು. ಪರಿಮಾಣಗಳ ಈ ಆಂತರಿಕ ಸಂಬಂಧತೆಗಳ ತೊಡಕನ್ನು ನಾವು ಬಿಡಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಹೆಚ್ಚುವರೆಗೆ ಈ ಷರತ್ತು ಪಾಲಿಸಲ್ಪಡುವ "ಸೂಕ್ತವಾದ" ಕಣಗಳಿವೆ ಎಂಬುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಅತಿಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೆಂದರೆ, ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಕಲಾ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವವು ಏರ್ಪಡುವುದು (ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ಕಲಾ ಸ್ಥಾಯೀಕರಣ). ತನ್ನ ಕಕ್ಷೀಯ ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕಣವು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದರಿಂದ ನಿಧಾನವಾಗುವುದು; ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಕಣದ ತ್ರಿಜ್ಯ ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೀಯ ಆವರ್ತನ ಕಾಲ ಇವುಗಳ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಸರಳ ಗಣನೆಗಳಿಂದ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗೆಯೇ ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನು ಮನಗಾಣುವನು (ಅಂದರೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯ ದರವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ, ಕಣದ ಚಲನ ಪಥವನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ, ಮತ್ತು ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ನಕ್ಷೆಮಾಡಿರಿ. ಆಗ ಕಲಾ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವದ ತತ್ವವು ಹೇಗೆ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನೀವೇ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವಿರಿ.) ಅಥವಾ, ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ತತ್ವಶಃ ಕಣಗಳ ವೇಗಗಳನ್ನು ಮಿತಿಯಿಲ್ಲದಂತೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದಾಗಿ ನನ್ನ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಭರವಸೆ ಇಡಿ. ಆದಾಗ್ಯೂ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಸ್ಪಂದನ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಯಂತ್ರವು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವಾಗ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವುದು ಮತ್ತು ವಿಪರ್ಯಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ವಿಧಾನದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಇಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ. ಅದು ತುಂಬ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದ್ದಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೇ ನಾವು ಕಟ್ಟುಬಿದ್ದರೆ, ಆಧುನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಟನ್ನುಗಳ ತೂಕವುಳ್ಳ ಉಕ್ಕಿನ ಕಾಂತಗಳಿರಬೇಕಾಗುವುದು.

ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಆಧುನಿಕ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಕಣದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಒಂದೇ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಪೂರೈಸುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಕಾಂತದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗವನ್ನು ಪೂರ್ತ ತೆಗೆದುಹಾಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಸ್ಪಂದನ ವಿಧಾನವನ್ನನುಸರಿಸಿಯೇ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಆವರ್ತನ ಕಾಲವೂ ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗುತ್ತವೆ. ಸೂಕ್ತವಾದ ಕಣಗಳು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತ ವೇಗವನ್ನು ತೀವ್ರಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅಷ್ಟು ಸೂಕ್ತವಲ್ಲದ ಕಣಗಳು ಸರಿಯಾದ ಕಕ್ಷೆಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲನಮಾಡುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳೂ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿನ ವೇಗವನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ತತ್ವಶಃ, ಅಗಾಧವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳನ್ನು ತಲುಪಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದ್ಯುತೀಯ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್ ವೇಗಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ದ್ದಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಇಂತಹ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಏನು ಪ್ರಯೋಜನ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಕಣಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ರಚನೆಯು ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ. ಗುರಿಗಳ ಮೇಲೆ ಹೊಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರಕ್ಷೇಪ್ಯಗಳಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಮೂಲ ಭೂತ ಕಣಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹೆಚ್ಚು ಅವಕಾಶವಿರುವುದು.

ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ವಿಶ್ವವು ಮೂರೇ ಮೂರು ವಿಧದ ಕಣಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ: ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು. ಇದುವರೆಗೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಒಂದು ಘಟಕ ಕಣದ ಸ್ಥಾನಮಾನಕ್ಕೆ ಯಾವ ಆಧಾರವೂ ಇಲ್ಲ. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇವುಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಬಹುದು ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಒಡೆದ ಭಾಗಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಭವಿಸುವ ವಿವಿಧ ಘರ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇಂದಿಗೆ ಇಂತಹ ಸುಮಾರು **250** ಕಣಗಳು ಇವೆ ಮತ್ತು (ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ) ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಇದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಶೋಚನೀಯ. ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರವೀಣರು ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮಾದರಿಯ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯ ''ಆದ್ಯಕಣಗಳಿಗೆ'' ಇಳಿಸುವ ಭರವಸೆಯುಳ್ಳವರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ನೂರಾರು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಹಲವು ನೂರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಲಿಲ್ಲವೇನು?

ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳುವುದಕ್ಕೆ ವಾಚಕನಿಗೆ ಪೂರ್ಣ ಕಾರಣವಿದೆ. ವಿಶ್ವವು ಮೂರು ಕಣಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದರ ಅರ್ಥವೇನು? ಪ್ರಸ್ತುತ ವಿಷಯವು ಹೀಗಿದೆ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇವೆರಡು ಮಾತ್ರ ಖಚಿತವಾಗಿಯೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾದ ಕಣಗಳು. ''ಸ್ಥಾಯಿ'' ಎಂಬ ಪದದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಪೂರ್ತ ಸ್ಥಾಯಿಯಾದುದಲ್ಲ. ಆದರೆ ಕಣಗಳ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಅದರ ಜೀವಿತ ಕಾಲವು ಅಗಾಧವಾದುದು: ಅದು ಸುಮಾರು 10^3 ಸೆಕೆಂಡುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ತಾತ್ವಿಕನಿಗೆ ಅಷ್ಟು ಪೇಚಾಟ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಇತರ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹದ ವಿಚಾರವಾಗಿಯಾದರೋ, ಅವುಗಳ ಜೀವಿತಕಾಲಗಳು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸತಾನೆ.

ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ಈ ಕ್ಷಣಿಕವಾದ ಪ್ರಪಂಚದ ಒಡೆದ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಒಂದು ರೀತಿಯ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕೆಂಬುದು ನಮ್ಮ ಆಶಯ. ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಅನೇಕ ವಿಧದ ಪ್ರಕ್ರಮಗಳು ಮುಂದಿಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಆದರೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದು ಹೊಸ ಸಂಗತಿಗಳು ಹೊರ ಹುಟ್ಟಿಕೂಡಲೇ ಹಳೆಯ ಪ್ರಕ್ರಮವನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಈ ಬರವಣಿಗೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಪ್ರವೀಣರು ಆಶಾವಾದಿಗಳಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣಬರುವುದು. ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಕೆಲವು ''ಆದ್ಯಕಣಗಳಿಗೆ'' ಇಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ತೊಂದರೆ: ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ಕ್ವಾರ್ಕುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡೇ ಇಲ್ಲ, ಅಷ್ಟೇಕೆ, ಪ್ರಾಯಶಃ (ತತ್ವತಃ) ಎಂದಿಗೂ ಕಾಣಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳಿಗಾಗಿ ಒಂದು ''ಮೆಂಡಲಿಯೇವ್'' ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಕ್ವಾರ್ಕ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶದಲ್ಲಿ ಮೂರನೇ ಒಂದು ಭಾಗದ ಅಥವಾ ಮೂರನೇ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಷ್ಟರ ವಿದ್ಯುದಂಶದಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರುವುದಾಗಿ

ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಇದಲ್ಲದೆ ಅದಕ್ಕೆ ಊಹಿಸಲೂ ಆಗದ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳಿರಬೇಕಾಗುವುದು. ಈ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳಿಗೆ **ವೈಚಿತ್ರ್ಯ** (strangeness) ಮತ್ತು **ಲಾವಣ್ಯ** (charm) ಎಂದು ಹೆಸರು*.

ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳನ್ನು ಬಾಧಿಸುತ್ತಿರುವ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ವಿವರಣೆಗೆ ಇಲ್ಲಿ ನಾನು ಕೈಹಾಕುವುದಿಲ್ಲ; ಇದು ಈಗಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥಾ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೂ ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ ವಿವರಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದಲ್ಲ, ಅವುಗಳ ಆಕರ್ಷಕತ್ವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಭರವಸೆಯಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಕಾಲ ಬೇಕು. ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಪೂರ್ತಿ ಹೊಸದಾದ ಭಾವನೆಗಳೂ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿನ (ಏಕಾಂಕದ ಕೆಳಗೆ ಏಕಾಂಕದ ನಂತರ ಹದಿನೈದು ಶೂನ್ಯಗಳಿರುವ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಅಳತೆ ಇರುವ) ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಈ ಭಾಗಗಳ ವಿವರಣೆಗೆ ಹೊಸ ನಿಯಮಗಳೂ ರೂಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿರಬಹುದು.

ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ

ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಲೂಯಿ ವಿಕ್ಟರ್ ಡಿ ಬ್ರಾಯಿಯು (1892-) 1923ರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ದಿಟ್ಟತನವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರತಿಭೆಯನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಒಂದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಬರೆದನು:- ''ಶತಮಾನಗಳಿಂದಲೂ, ದ್ಯುತಿಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ನೀಡಲಾದ ಗಮನವು ಕಣಾತ್ಮಕವಾದಕ್ಕೆ ದೊರಕದೆ ಅದನ್ನು ಅಲಕ್ಷ್ಯ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ; ಹೀಗೆಯೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ತಪ್ಪನ್ನು ಮಾಡಿರಬಹುದಲ್ಲವೇ?'' ಕಣಗಳನ್ನು ತರಂಗ ಭಾವನೆಗಳೊಡನೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಡಿ ಬ್ರಾಯಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಆಸ್ಟ್ರಿಯಾದ ಅದ್ಭುತ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಎರ್ವಿನ್ ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ (1887-1961) ಎಂಬಾತನು ಆತನ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ ವಿಸ್ತರಿಸಿದನು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಾನಂತರ 1926-27ರಲ್ಲಿ ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಇವೆರಡೂ ಸಮಾನಾರ್ಥವುಳ್ಳವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಹೊಸ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ಶಾಖೆ. ಘಟನೆಗಳ ಅರ್ಥವಿವರಣೆಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮಕಣಗಳ ಕಣರೂಪ

---

* ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ತಲುಪಿಸಿದ ನಂತರ, ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಘಟನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸಿವೆ, ವರ್ಣ(colour) ಎಂಬ ಹೊಸ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕವೊಂದು ಕಾಣಬಂದಿದೆ.

ವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ತರಂಗರೂಪವಾಗಲಿ ಸಾಲದಾದಾಗ, ಈ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತದೆ.

"ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಕೇವಲ ಶಬ್ದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಯ ಕೂಡದು ಎಂದು ಆಗಲೇ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ. ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರ್ಜನ, ದ್ಯುತಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಇವುಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಎರಡು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು: ತರಂಗ ಮತ್ತು ಕಣ (ಕಣಾತ್ಮಕ). ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳಿಗೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು. ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳನ್ನು ಉಂಟಾಗದ್ದರೂ (ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಯಾವುದೆಂದರೆ; ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗಳು. ಇವುಗಳಿಗೆ ವೇಗಗಳ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೇ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು 300 000 ಕಿ.ಮೀ./ಸೆ. ವೇಗದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಚಲಿಸಬಲ್ಲವು). ಈ ವಿಧದ ದ್ರವ್ಯವು ಕೂಡ ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಇತರ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಣದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದು.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಣಕ್ಕೆ ಯಾವ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಅಧ್ಯಾರೋಪಿಸಬೇಕು? (ಸ್ವಲ್ಪ ಸರಳವಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ) ಮುಂದಿನ ವಾದ ಕ್ರಮದಿಂದ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳಿಗೆ ಯಾವ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಡಿ ಬ್ರಾಯಿ ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟನು. (ಅನುಮಾನಿಸಿದನು ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ತ).

ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಕಣ ರೂಪವನ್ನು ಅದರ ತರಂಗ ರೂಪದೊಡನೆ ಸೇರಿಸುವ ಪ್ರಧಾನ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ. ಒಂದು ಫೋಟಾನ್ ವಹಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವನ್ನು $E = h\nu$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರವು ಕೊಡುವುದು. ದ್ರವ್ಯದ ಯಾವುದೇ ಇತರ ಭಾಗದಂತೆ, ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು $E = mc^2$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದಲೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು $m=h\nu/c^2$ ಎಂದಾಗುವುದು. ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ವೇಗ ಇವುಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಫೋಟಾನಿನ ಆವೇಗ ಮೌಲ್ಯವು ಲಭಿಸುವುದು *

---

* ಒಂದು ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಣದ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ; ಫೋಟಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು; ಪ್ರಯೋಗಕಾರರು ಅದು 0.6×10^{-20} →

$$p = \frac{hv}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

ಆದರೆ, ನಮಗೆ ಬೇಕಾಗಿರುವುದು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವ ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಕಣದ ತರಂಗಾಂತರವೇನು ಎಂಬುದು. ಇದು ಏನಿರಬಹುದು? ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಾದಕ್ರಮವೇ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ; ಅಂದರೆ ಆವೇಗ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ವಾದುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ! ಈಗ ಉಳಿದಿರುವ ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನು

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

ಎಂಬ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದು ಅಷ್ಟೇ.

ಇದೇ ಸುಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ **ಡಿ ಬ್ರಾಯಿ ಸಮೀಕರಣ** (ಅಥವಾ **ಸಂಬಂಧ**). ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹದ ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣವು ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ವೇಗ ಇವುಗಳು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಫುಟವಾಗಿ ಕಾಣಬರುವುದು ಎಂದು ಈ ಸಮೀಕರಣ ದಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವುದು. ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡುತ್ತವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಕಣಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಮಂದಗತಿಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವುದು ಸುಲಭ.

ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಲಾದ ವಿಷಯವಾದ (ಇದನ್ನು ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಗಳ ನಾಟಕ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿತ್ತು) ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದು ಸುಗಮವಾಗಿ ಇರುವುದು. ಒಂದೇ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಒಂದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನೂ (ರಾಂಟ್ ಜೆನೋ ಗ್ರಾಂ), ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯನ್ನು ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯನ್ನೂ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವಂತೆ ಕಣಗಳ ವೇಗಗಳನ್ನು ಸರಿ ಹೊಂದಿಸಿದರೆ ಆಗ (ಬಳೆಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ) ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ಡಿಬೈ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ

→ ಮೆಗಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಎಂದು ಹೇಳುವರು. ಫೋಟಾನಿನ ಆವೇಗ ಪರಿಮಾಣದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ದ್ಯುತಿ ಒತ್ತಡದ ಅಳತೆಯಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿ.

ಚಿತ್ರಸಮೂನೆಗಳು (ಕ್ರಿಸ್ಟಲೋಗ್ರಾಂಗಳು) ಲಭಿಸಬೇಕು. ಮತ್ತು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸಂಭವವಾಗುವುದು ಇದೇ.

1927ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಘಟನೆಯು ಡಿ ಬ್ರಾಯಿಯ ಸಂಬಂಧದ ಮೊದಲನೆಯ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಕ್ಲಿಂಟನ್ ಜೋಸೆಫ್ ಡೆವಿಸನ್ (1881-1958) ಮತ್ತು ಲೆಸ್ಟರ್ ಹಾಲ್ಬರ್ಟ್ ಜರ್ಮರ್ (1896) ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಲೋಹಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚದರಿಕೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದರು ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಉಪಕರಣದೊಡನೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾಗ, ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿ ಬಿಸಿ ಮಾಡಿದರು. ಈ ವಸ್ತುವು ಒಂದು ಬಹುಸ್ಫಟಿಕ; ಕಾಯಿಸಿ ಆದ ಮೇಲೆ ಅದನ್ನು ಪುನಃ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಿಸಲಾಯ್ತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈಗ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಏಕಸ್ಫಟಿಕೀಯದಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಹೀಗೆ ಲಭಿಸಿದ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯು ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರಾಂಟ್‌ಜೆನೋಗ್ರಾಂಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟು ಹೋಲುತ್ತಿದ್ದವೆಂದರೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂತೆಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕೂಡ ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಏನೂ ಸಂದೇಹ ಇರಲಿಲ್ಲ.

ಅತಿ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನೆಯು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯ ಒಂದು ವಿಧಾನವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟಿತು ಮತ್ತು ಅನೇಕ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಅದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದ್ದಿತು. **ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ** ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗವು ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಪೊರೆಗಳ ರಚನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆ. ಇದರ ಮೂಲತತ್ವಗಳು ನಾವು ಮೂರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿದವುಗಳಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿಲ್ಲ. ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿಂದಲೂ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಾದರೋ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಕಣದ ತರಂಗಾಂತರವು ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅಣುಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವೇ. ಅಂತೂ, ಇದುವರೆಗೂ ಅದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ ಆದರೆ ಅದು ಏನೂ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಲ್ಲ. ಅವುಗಳ ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಭೇಧಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದಾಗಿ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಗಾತ್ರ ಸಂರಚನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಬಳಸುವುದು ಉತ್ತಮ

ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಸಂರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ವಿವರಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಿ ಕೊಡುತ್ತದೆ.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ವಿಷಯವು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಈ ಕಣಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆ ನೂರಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ. ಅದಕ್ಕೆ **ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ರಾಂಟ್‌ಜೆನೋಗ್ರಾಂ ಒಂದನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟಕರವಾದುದು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ಸೂಕ್ತವಾದ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ (ತರಂಗಾಂತರವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ವೇಗದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ತೀವ್ರತೆಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು. ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಿಂದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಪ್ರವಾಹ ಮಾರ್ಗದ ಮೂಲಕ ಹೊರಕ್ಕೆ ತರುವುದರಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ಎರಡನೆಯ ತೊಂದರೆ ಏನೆಂದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಚದರಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ; ಅವು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಮೂಲಕ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳೊಡನೆ ಘರ್ಷಣೆ ಆಗದೆಯೇ ಸುಲಭವಾಗಿ ಹಾದುಹೋಗಬಲ್ಲವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರವಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಹರಳುಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡಬೇಕಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಮೂರನೆಯ ತೊಂದರೆಯು ಇದು; ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಗುರುತನ್ನೂ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಅಯಾನೀಕರಣ ಮಂದಿರ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿಯೇ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಎಣಿಕೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡುವುದು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು.

ಹಾಗಾದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಏಕೆ ಇಷ್ಟು ಆಸಕ್ತಿ ಉಳ್ಳವರಾಗಿದ್ದಾರೆ? ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳೊಡನೆ ಸಮಾಗಮವೇರ್ಪಟ್ಟಾಗ ತಮ್ಮ ಪಥಗಳಿಂದ ಭಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದರೂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ತೀವ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು

ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ಗುರುತಿಸಲಾರವು, ಆದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯು ಇವರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಗಳಿಂದ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುವುವು, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಾದರೋ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಅತಿ ಪ್ರಯಾಸದಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲವು: ಇದು ಏಕೆಂದರೆ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಈ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ಅನೇಕ ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಮತ್ತು ಜೈವಿಕ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಅಣುವಿನ ಬೇರೆಬೇರೆ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಬಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಶಿಷ್ಟ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಜಲಜನಕ ಬಂಧನ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅಲ್ಲದೆ, ಬೇರೆಬೇರೆ ಕಾಂತೀಯ ಲಕ್ಷಣಗಳುಳ್ಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯು ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ವಿವರ್ತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಲು ಸಾಕು.

ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಅನಿಶ್ಚಿತತ್ವ ನಿಯಮ

ದ್ಯುತಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಣಗಳೂ ತರಂಗ ಮತ್ತು ಕಣಾತ್ಮಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಏಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಪ್ಪಲಾರದೆ ಹೋದರು. ಈ ದ್ವೈತ ಭಾವನೆಯು ಜ್ಞಾನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ತೋರಿಬಂದಿತು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸಿದರು.

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಪಂಚದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ಈ ಪ್ರಮೇಯವು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವ ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಕಣಾತ್ಮಕ ರೂಪವು ಅನ್ವಯವಾಗಿರುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು. ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಅನಿಶ್ಚಿತತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು:

$$\Delta x \ \Delta v > \frac{h}{m}$$

ಇಲ್ಲಿ Δx ಮತ್ತು Δv ಎಂಬವು ಕಣಾತ್ಮಕ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತ ಇರುವ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನಾಂಕ ಮತ್ತು ಚಲನೆಯ ವೇಗ (ಅದೇ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಕ ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ) ಇವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ "ಚಿತ್ತಾದ ಲಕ್ಷಣ"ಗಳು. ಸಂಕ್ಷೇಪವಾಗಿ, Δx ಮತ್ತು Δv ,ಇವುಗಳು ಕಣದ ಸ್ಥಾನಾಂಕ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ ಅನಿರ್ಧಾರ್ಯತೆಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವುವು.

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೇಳುತ್ತಿರುವುದು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದರ ತಾಂತ್ರಿಕ ತೊಂದರೆಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಅಲ್ಲ ಎಂದು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ. ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿದ ಸಂಬಂಧವು ಅತ್ಯಂತ ಆದರ್ಶ ಮಟ್ಟದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕಳೆಯಲಾಗದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು. ಇಂದು, ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯ ಪಥ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳನ್ನು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಸೂಚಿಸಲಾದ ವಿವಿಧ ಏರ್ಪಾಟುಗಳು ಕೇವಲ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಸ್ವಾರಸ್ಯವುಳ್ಳವುಗಳು ಮಾತ್ರ. ಅವುಗಳನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಸೂಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಏರ್ಪಾಟಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ದೋಷವು ಕಂಡು ಬಂದೇ ಬರುವುದು.

ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ನಿಯಮವು ಅವಕಾಶ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗವು ಏಕೆ ದೊರಕಿಸಲಾರದು ಎಂಬುದನ್ನು ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡುವೆನು. ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಣದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿರುವೆವು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಅದು ಎಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು, ಕಣದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬೀರಬೇಕು. ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ವಿವರಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರ್ತಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ತರಂಗಾಂತರವು ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟೂ ಉತ್ತಮ. ಆದರೆ ನಾವು ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು, ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಾಗಿ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ, ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕಣವು ಅನುಭವಿಸುವ ಘರ್ಷಣೆಯು, ಕಣವು ಫೋಟಾನನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಹೊಂದಿದ್ದ ವೇಗವೇನಾಗಿದ್ದಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ ವಾಗದಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಅಥವಾ ಈ ಹೆಸರುವಾಸಿಯಾದ ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ ಸೀಳುಗಂಡಿಯನ್ನು ಇಡೋಣ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೀಳುಗಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗಿ ಒಂದು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸ್ಫುರಣವು ಕಾಣಬರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸೀಳುಗಂಡಿಯು ಅಗಲದ ನಿಖರತೆಯ ಪರಿಮಿತಿ ಒಳಗೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಂಡಿಯೊಳಗೆ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿರುವೆವು. ಈಗ ನಿಖರತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸೋಣ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಸೀಳುಗಂಡಿಯ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಆಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ತರಂಗಾಂತರ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನೇರವಾದ ಪಥದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ದೂರ ಬಾಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಸೀಳುಗಂಡಿಯ ಸಮತಲದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕಣದ ವೇಗದ ಘಟಕದ ಬಗ್ಗೆ ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚು ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಇಂತಹ ಅನೇಕ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸಬಹುದು (1930ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾದದ್ದು ಇದೆಯೇ) ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಸಲವೂ ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಮುಟ್ಟುವೆವು.

ಈಗ ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಅಸಮತೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ Δx ಮತ್ತು Δv ಇವುಗಳ ಅಂದಾಜು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸೋಣ.

ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿರುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿರುವೆವು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನೆಲೆಸಿರುವ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಲಾಗುವ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದೇ? ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಸರಿ ಸುಮಾರು 10^{8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಷ್ಟಿರುವುದರಿಂದ 10^{-9} ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಷ್ಟರ ನಿಖರತೆಯನ್ನು ನಾವು ಬಯಸುತ್ತೇವೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗವು ತತ್ವಶಃ ಸಾಧ್ಯ (ನಿಜ, ತತ್ವಶಃ ಮಾತ್ರ), ಆಗಲಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಬಗ್ಗೆ ಸಮಾಚಾರದ ನಷ್ಟವನ್ನು (ಅಸಮತೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು) ಅಂದಾಜು ಮಾಡೋಣ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ h/m ಎಂಬುದು ಸುಮಾರು 7 (ಸೆಂ.ಮೀ.)^{2}/ಸೆ. ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು; ಆದಕ್ಕೆ ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಅನಿಶ್ಚಿತತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಲಾಗುವುದು: $\Delta x\, \Delta v > 7$. ಆದ್ದರಿಂದ Δv ಯು 7×10^{9} ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆ. ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು; ಇದು ಅರ್ಥವೇ ಇಲ್ಲದುದು, ಅಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಏನೂ ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಳ್ಳೆಯದು, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸೋಣ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗುವ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕೂಡ ನಾವು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಆಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನೆಲೆಸಿರುವ ಸ್ಥಾನದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯೂ ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಅನ್ವಯ ಮಾಡಿದ ಅಸಮತೆಯು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಣಾತ್ಮಕ ಭಾವನೆಯು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪಥ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಅರ್ಥವಿಲ್ಲದುದಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಪಥಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಏನೇನೂ ಹೇಳುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಅಯಾನೀಕರಣದ ಮಂದಿರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಬದಲಾಯಿಸುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗಿರುವ ಜಾಡು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪಥ ಇದೆ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಹಾಗಾದರೆ ಇವಕ್ಕೂ ಹಿಂದೆ ಮಾಡಿದ ಕಲನ ಕ್ರಮಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು? ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಇದು: ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲ, ಪುನಃ ವಿಚಾರ ಆರಂಭಿಸಬೇಕು. ಜಾಡು ಸುಮಾರು 10^{-2} ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ದಪ್ಪವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಮಂದಿರದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸುಮಾರು 1 ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಮಂದಗತಿಯ ವೇಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅನಿಶ್ಚತತೆಯು ಅಂಗೀಕಾರಾರ್ಹವಾಗಿರುವುದು. ಅದು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 7 ಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಿಂದ ವಿಶದಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ ದ್ರವ್ಯದ ಭಾಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ. ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ ಕೂಡಲೆ ಕಣಾತ್ಮಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಅದೃಶ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.

ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ನಾವು ಅನೇಕ ವೇಳೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ, ಆದರೆ ಸುಮಾರು 10^{-13} ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದೊಳಗೆ ಅವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸುವಾಗ ಕಣಾತ್ಮಕ ಲಕ್ಷಣವು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ.

ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಷ್ಟರ ಆಣವಿಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಅಣುವಿನ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಒಂದು ಬಟಾಣಿ ಕಾಳಿನಂತೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂದು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಅಣುವು ಒಳ್ಳೆಯ ಅಪ್ಪಟವಾದ

ಕಣದಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಆದರ ತಾರ್ಕಿಕ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ಪಥವನ್ನು ಕೂಡ ಗುರ್ತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ.

ತರಂಗ-ಕಣ ದ್ವೈತವು ಗಾಢವಾದ ಅರ್ಥ ವಿವರಣೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ವಿಷಯ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದ ಕಾಲವು ಹೋಗಿ ಬಹಳ ದಿನಗಳಾದವು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ಬೋರ್ ಅಂತಹ ಖ್ಯಾತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಇತರ ಕಣಗಳ "ವಿಚಿತ್ರ" ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಎಂಬುದರ ವಿಚಾರ ವಾಗಿ ಕಠಿಣ ಚರ್ಚೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರು. ಇಂದು, ಬಹು ಮಂದಿ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಅಥವಾ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಭಾಗವಹಿಸಿರುವ ಘಟನೆಗಳ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಏನೂ ಪ್ರಮಾದವನ್ನೆಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕರ ಸಂಶೋಧನಾ ಕ್ರಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಪ್ರವೀಣರ ಒಂದು ಗುಂಪು (ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಸಾವಿರ) ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನಾವಳಿಯನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಇದಾಗಿದ್ದಿತು: ದ್ರವ್ಯದ ಎರಡು ಲಕ್ಷಣಗಳ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಇನ್ನೂ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಉಳಿದಿದೆಯೋ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪರಿಶೋಧಿಸ ಲಾಗಿದೆಯೋ? ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್ ಅಸಮತೆಯೂ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಅಂತಿಮ ಸತ್ಯಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಕೇವಲ ಇಪ್ಪತ್ತು ಜನರು ಉತ್ತರಿಸಿದರು.

ಪ್ರಕೃತಿಯ ಈ ಮುಖ್ಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿನ ತೊಂದರೆಗೆ ಪ್ರಾಯಶಃ ಈ ಮುಂದಿನ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದಾದ ಆಕ್ಷೇಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ತಾತ್ವಿಕ ತಪ್ಪೇ "ದ್ರವ್ಯದ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮುಂಗಡವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಒಪ್ಪುವುದಿಲ್ಲ" ಈ ವಾಕ್ಯದಲ್ಲಿನ ತರ್ಕ ದೋಷವು ಈ ದ್ರವ್ಯದ ಭಾಗವನ್ನು ಕುರಿತು ಹೇಳುವಾಗ, ಪದದ ಸಾಮಾನ್ಯ ದಿನವಹಿ ಉಪಯೋಗದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಬಳಸುತ್ತಿರುವೆವು ಎಂಬುದರಲ್ಲಡಗಿದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ದ್ರವ್ಯದ ಭಾಗವು (ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೇಳುತ್ತಿರುವುದು ದ್ಯುತಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಇವುಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ) ಒಂದು ಕಾಳಿನಂತೆ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಇಲ್ಲ. ದ್ರವ್ಯದ ಒಂದು ಕಣವನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ; ಇದನ್ನು ಎಲ್ಲರೂ ಒಪ್ಪುವರಷ್ಟೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಥವಾ ಪ್ರೋಟಾನಿಗೆ, ಬಣ್ಣ, ಗಡಸುತನ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ... ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಸಾಕು. ಇವೆಲ್ಲ ಸ್ಥೂಲ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಗುಣಗಳು. ಇಂತಹ ದ್ರವ್ಯದ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಚಲನೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಅಸಾಧ್ಯವಲ್ಲವೇ? ಇಂತಹ ದ್ರವ್ಯದ ಭಾಗದ ಚಲನೆಯು ಎರಡು ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು: ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಕಣಾತ್ಮಕ ಲಕ್ಷಣ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಾತ್ರ ಮುನ್ಸೂಚನೆ ಕೊಡಲಾಗದಿರುವಂತಹುದು.

ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು (ಮತ್ತು ಪುನಃ ಹೇಳುತ್ತೇನೆ, ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಇದರ ಪರ್ಯಾಯ ಪದ) ದ್ರವ್ಯದ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ನಿಯಮಾವಳಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಧಾನಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿರುವ ಕಣಗಳ ವಿವರಣೆಯು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಪಂಚದ ಕ್ರಮಾವಳಿಗಳ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅದರ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಘಟನೆಗಳ ಸಂಭವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ತಪ್ಪಿಲ್ಲದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದು, ವ್ಯಾವಹಾರಿಕವಾಗಿ ನಮಗೆ ಉಪಯೋಗಕರವಾಗಿರುವಂತೆ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಬಂಧಿಸಬಹುದು.

ಇದರಿಂದ ಭವಿಷ್ಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೊಸದಾದ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪ್ತಿಯುಳ್ಳ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಡುವುದೇ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಭಾಗವಾದಂತೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅರ್ಥವಲ್ಲ. ಇಂತಹ ವಿಸ್ತಾರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗಗಳೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಸಣ್ಣ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವ ಯೋಗ್ಯತೆ ಇರಬೇಕು. ಎಲ್ಲಾ "ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ"ವನ್ನೂ ಒಂದೇ ಆದ ಸಂಪೂರ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರ್ಮಾಣವನ್ನು ಅತ್ಯಾಸಕ್ತಿಯಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವೆವು (ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಿಂದಲೇ ನಿರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವುದಾಗಿದೆ); ಇನ್ನೂ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಡದೇ ಇರುವ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಆಗಲೇ ಹೆಸರು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ: **ಸಾಪೇಕ್ಷಕೀಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮೊದಲನೆಯ ಪಾದದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳ ಸುರಿಮಳೆಯು ಹಠತ್ತಾಗಿ ನಿಂತುಹೋಗಿರುವುದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಲ್ಲವೇ? ಇದು ವಾಚಕನಿಗೆ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಂಡುಬರಬಹುದು. ಆದರೆ ವಿಷಯವು ಹಾಗೇ ಇದೆ.

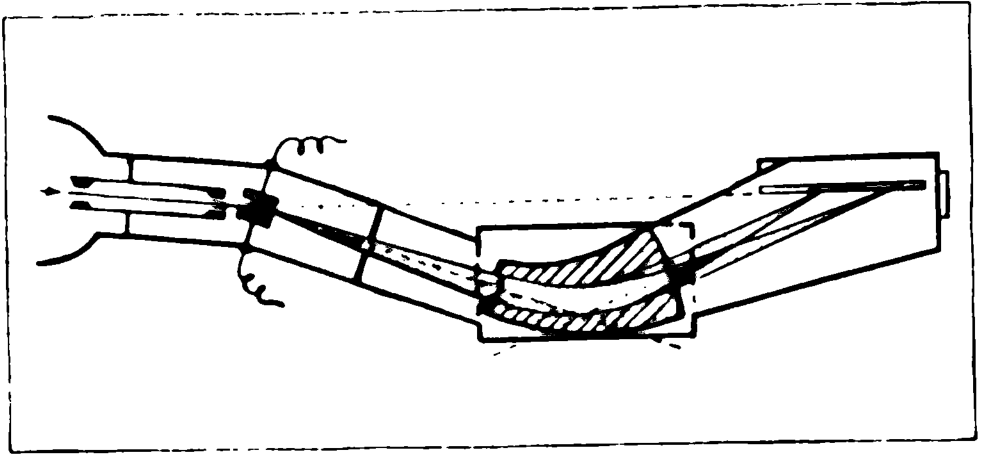
ಪ್ರಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಪ್ರಚಂಡ ಮುನ್ನಡೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಮತ್ತು ಮುಂದಿನ ಎರಡು ಕಾಲು ಶತಮಾನಗಳು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಕಲಾತ್ಮಕ ಕ್ರಾಂತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಾಗಿವೆ ಯಾಗಿದ್ದರೂ - ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಆಗಿದ್ದರೂ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ನಂತರ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಹೊಸ ನಿಯಮಗಳು ಯಾವುವೂ ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೆ ಬಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾದು ನೋಡಬೇಕು, ಅಷ್ಟೇ.

5. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಂರಚನೆ

ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು

ಬೇರೆಬೇರೆ ವಿದ್ಯುದಂಶ-ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅನುಪಾತಗಳಿರುವ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹೇಗೆ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದರ ಕಥೆಯನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿರುವೆವು. ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗಾಗಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವ ***ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ ಲೇಖಕೋಪಕರಣ*** ಎಂಬ ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಈ ಉಪಕರಣದ ಒಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವ ಭಾವನೆಯು ಹೀಗಿರುವುದು. ಬೇರೆಬೇರೆ ವೇಗಗಳುಳ್ಳ ಕಣಗಳು ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ (ವಿದ್ಯುತ್ ಧಾರಕದ) ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. e/m ಅನುಪಾತವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬಾಗುವ ತೀವ್ರಗತಿಯ ಕಣಗಳಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಬಾಗುವ ಮಂದಗತಿಯ ಕಣಗಳಾಗಿಯೂ ಬೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಬೀಸಣಿಗೆಯಂತೆ ಈ ಕಣಗಳು ಆಮೇಲೆ ನಕ್ಷೆಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಇರುವ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಬಾಗುವಂತೆ ಅದನ್ನು ಸೇರಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ತೀವ್ರಗತಿಯ ಕಣಗಳು ಮಂದಗತಿಯ ಕಣಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಬಾಗುತ್ತವೆ. ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಊಹಿಸಲಾದ ಒಂದೇ ವಿಧದ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹವು ಪುನಃ ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೂಡುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಅವುಗಳು ಒಂದು ನಾಭಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 5.1

e/m ಗೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯವಿರುವ ಕಣಗಳೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಗೂಡುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಅದು ಬೇರೆ ಒಂದು ಬಿಂದು. ಪರಿಕಲನಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದು ಏನೆಂದರೆ e/m ಎಂಬುದರ ಎಲ್ಲಾ ಮೌಲ್ಯಗಳ ನಾಭಿ ಬಿಂದುಗಳೂ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುವು. ಈಗ ಈ ಸರಳ ರೇಖೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿ ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜಾತಿಯ ಕಣಗಳೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ರೇಖೆಯ ಮೂಲಕ ತಮ್ಮನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುವು.

ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ ಲೇಖಿಕೋಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ಅವುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಖ್ಯಾತಿಯು ಸರ್ ಜೋಸೆಫ್ ಜಾನ್ ಥಾಂಸನ್ ಎಂಬಾತನಿಗೆ ಸಲ್ಲುವುದು. 1913ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ನಿಯಾನ್ ಅಯಾನುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲವು ಬಾಗುವುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ, ಈ ಕಿರಣಜಾಲವು ಎರಡಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡುವುದನ್ನು ಆತ ಗಮನಿಸಿದನು. ನಿಯಾನಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು ಸಾಕಷ್ಟು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ತಿಳಿದಿದ್ದಿತು: 20.200. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ 20, 21, 22 ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ಮೂರು ಜಾತಿಯ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವುದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ತಪ್ಪಾಯ್ತು, ನನಗೆ ಹಳೆಯ ಪದಗಳು ರೂಢಿಯಾಗಿ ಬಿಟ್ಟಿವೆ; ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಈಗ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

ನಿಯಾನಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ

ವಾದುದರಿಂದ, ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧಿಸಿರಬೇಕೆಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು, ಆದ್ದರಿಂದ ನಿಯಾನಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ, **ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು,** ಅಂದರೆ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವುವು ಎಂಬ ಹೆಸರು.

1920ರಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ ಲೇಖಕೋಪಕರಣವು ಇಂದಿನ ರೂಪವನ್ನು ತಳೆದಿತು ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಘಟಕಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಆರಂಭವಾಯ್ತು. ಒಂದೂ ತಪ್ಪದೆ ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಧಾತುಗಳೂ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಮಿಶ್ರಣ ಗಳಾಗಿವೆ. ಕೆಲವು ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಇವುಗಳಂತೆ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಿಂದುಂಟಾಗಿರುತ್ತವೆ (ಜಲಜನಕ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ 1-99.986%, ಆಮ್ಲ ಜನಕ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ 16-99.76%). ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಮ ಮೊತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕ್ಲೋರಿನ್ (75% ಅಷ್ಟು 35 ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿ, ಮತ್ತು 25% ಅಷ್ಟು 37 ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿ). ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳೂ ಇವೆ. ನಾವು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು ಸ್ಥಿರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು. ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು (ಅವುಗಳು ಸ್ಥಾಯಿಯಲ್ಲ ಮತ್ತು ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತವೆ).

ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ ಲೇಖಕೋಪಕರಣಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ನಾಜೂಕು ಪಡಿಸಲಾಯ್ತೆಂದರೆ, ಅದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು ಎರಡನೆಯದರಿಂದ ನಾಲ್ಕನೆಯ ದಶಮಾಂಶ ಸ್ಥಾನದ ಮಟ್ಟದವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಗಳಾಗಿವೆ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಯ್ತು. ಈ ದೋಷದ ಕಾರಣವನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸ ಲಾಗುವುದು.

ಪೂರ್ಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಬಟವುಮಾಡಿದ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ *ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ* ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ವರ್ತನೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಜಾತ್ಮಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಸಂಘಟನೆಯಲ್ಲಿ

ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ಅನೇಕ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಎರಡು ಜಾತಿಯ ಜಲವಿರುವುವು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ಜಲ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 1 ಉಳ್ಳ ಜಲಜನಕ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಇರುವುದು, ಭಾರವಾದ ಜಲವು ಜಲಜನಕದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 2 (ಇದಕ್ಕೆ ಡ್ಯುಟೀರಿಯಂ ಎಂದು ಹೆಸರು). ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಆಮ್ಲಜನಕದ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿವೆ. (ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು 16, 17 ಮತ್ತು 18). ಹೀಗಾಗಿ ಜಲವು ಆರು ಬೇರೆಬೇರೆ ಜಾತಿಗಳ ಅಣುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೇರೆಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹತ್ತುಗಳ ಮತ್ತು ನೂರುಗಳವರೆಗೂ ಇರಬಹುದು.

ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವುದು ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಭಾಗ. ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಹಲವಾರು ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಅದು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವುದು. ಭಾರವಾದ ಜಲವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲ (ಹಗುರ ಜಲ)ದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬೇಕು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನದ (ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂ) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೂ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬೇಕು. ಮತ್ತು ಇದಲ್ಲದೆ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾಗುವ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಕೈಗಾರಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಇವೆ.

ಸಮಸ್ಯೆಯ ತೊಡಕೇನೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಯ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ, ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಬಹು ಹಂತಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ನಿಷ್ಕರ್ಷಣ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅತಿ ಪ್ರಯಾಸದೊಡನೆ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗುವುದು. ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳಲ್ಲಿನ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಭೌತ ವಿಧಾನಗಳ ಪ್ರಯೋಗವೇ ಸಾಧ್ಯವಾದ ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗ.

ಅನಿಲಗಳ ವಿಸರಣ ವಿಧಾನವೇ ಇಂದು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪದ್ಧತಿ. ಬೇರೆಬೇರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ಸರಂಧ್ರ ತಡೆಯ ಮೂಲಕ ಸಾಗುವ ದರಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಹಗುರವಾದ ಅಣುಗಳು ಭಾರವಾಗಿ ಇರುವುವುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗಿಹೋಗುತ್ತವೆ.

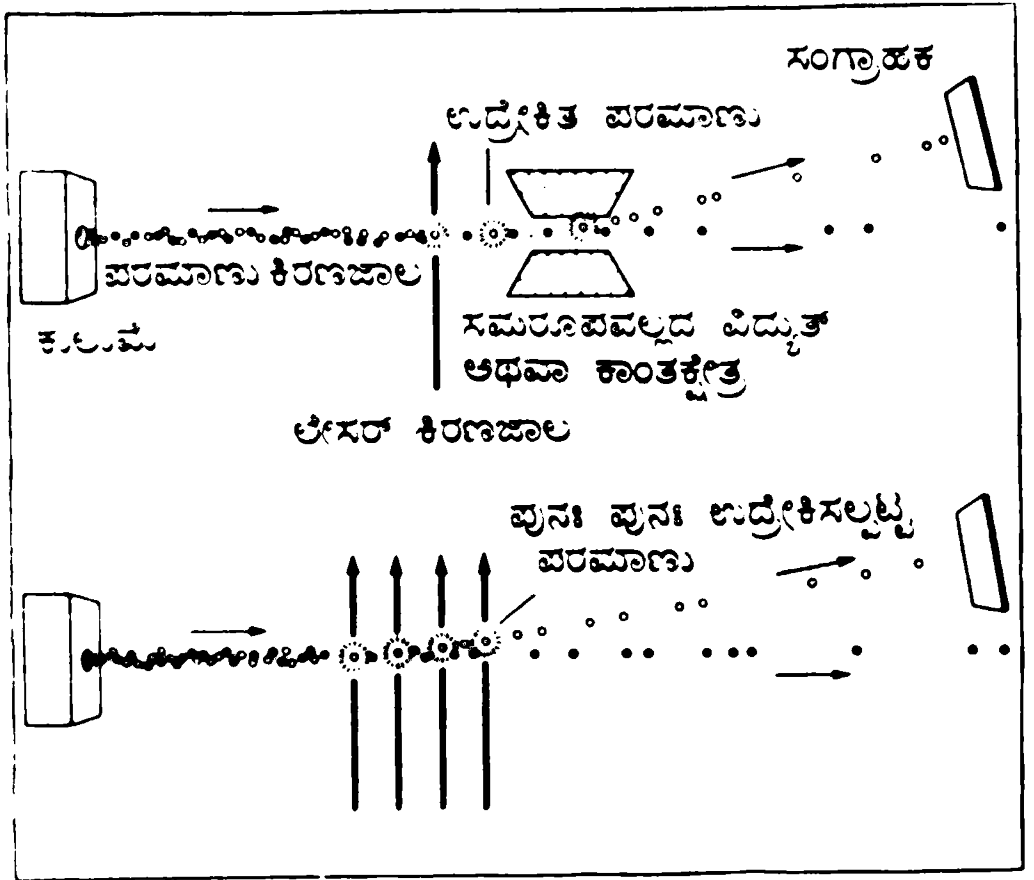
ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಾವು ಈಗತಾನೆ ಚರ್ಚಿಸಿದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ

ಲೇಖಕೋಪಕರಣದ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ಮಾರ್ಗ ಗಳೂ ಬಹಳ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಹಣದ ವೆಚ್ಚದಿಂದಾಗುವುವು.

ಈಗ ಕೇವಲ ಎರಡು ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವಿಕೆ ಯನ್ನು ಒಂದು ಹೊಸ ಲೇಸರ್ ವಿಧಾನದಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಬಹುದು ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡ ಲಾಯ್ತು. ಇಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸೌಕರ್ಯವೇನೆಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಏಕವರ್ಣೀಯವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಮೂಲ ಧಾತುವಿನ ಎರಡು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ನೆಲೆಸಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದಾಗಿರುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಎರಡು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಮಟ್ಟಗಳ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಣಯ ಮಾಡುವುದು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೇ. ಈಗ ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲವು ಎಷ್ಟು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಏಕವರ್ಣೀಯವಾಗಿರುವು ದೆಂದರೆ ಅದು ಒಂದೇ ಒಂದು ವಿಧದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಲೇಸರ್ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಕಾರ್ಯ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಒಂದು ಅನಿಲವು ಒಂದು ಕುಲುಮೆಯ ತೆರಪಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲವು ಒಂದು ವಿಧದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಮರೂಪವಿಲ್ಲದ ಕಾಂತೀಯ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಭಾಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣು ಅತಿಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಉತ್ತೇಜನೆಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡರೆ, ಎರಡನೆಯ ಮಾರ್ಗವೊಂದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ, ಅದೇ ಪರ ಮಾಣುವು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲವಿರುವ ಅವಕಾಶದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗಿ, ಎರಡನೆಯ ಬಾರಿ ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಅದು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳೊಡನೆ ಹಲವು ಬಾರಿ ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಕವಲ್ಲದ ಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಫೋಟಾನಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಗ್ರಹಣವೂ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಕ್ರಿಯೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಆವೇಗವನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ



ಚಿತ್ರ 5.2

ಸಿಡುತ್ತವೆ. ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಡಲಾಗುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೇಲ್ಪಡೆಗೆ ದೂಡಲ್ಪಡುವುವು. ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲಾರದ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಚಲನೆಯಿಂದ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ಇಂತಹ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು **0.55535** ಮೈಕ್ರೊಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಜಾಲದಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬೇರಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲದೊಡನೆ ನೆರವೇರಿಸಲಾಯ್ತು. **50 000** ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ. ಉದ್ದವನ್ನನುಸರಿಸಿದ ವೇಗವಿರುವಾಗ ಒಂದೇ ಒಂದು ಫೋಟಾನಿನ ಗ್ರಹಣವು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ **0.8** ಸೆಂಟಿಮೀಟರಷ್ಟು ಕದಲಿಸಿತು.

ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆ

ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬೀಜ ಮತ್ತು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ ಎಂದು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಹೇಗೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದನು ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಈಗ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯ ಅಧ್ಯಾಯ ಬರುತ್ತದೆ. ಅದು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತದೆ. ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ತೋರಬಹುದಾದರೂ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಇತಿಹಾಸವು ಪ್ರಾರಂಭವಾದುದು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನು ಒಂದು ನವುರಾದ ಪೊರೆಯ ತುಂಡಿನಿಂದ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು (α-ಕಣಗಳು) ಚದರಿಸಲ್ಪಡುವುದರ ಪರಿಶೀಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಯನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಹದಿನೈದು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ.

1896ರ ವಸಂತಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಆಂಟ್ವಾನ್ ಆನ್ರಿ ಬೆಕ್ವೆರಲ್ (1852-1908) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಯುರೇನಿಯಂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುವ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು, ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದಕ್ಕೆ ಹಲವಾರು ತಿಂಗಳುಗಳ ಹಿಂದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದ್ದ ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್‌ನ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂತೆಯೇ ಯುರೇನಿಯಂ ಕಿರಣಗಳು ಕೂಡ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಮಸುಕುಗೊಳಿಸುವುವು ಮತ್ತು ಅಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವುವು. ಅವುಗಳ ಗ್ರಹಣವು ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇಟ್ಟಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ ಸಮಾನುಪಾತಿಯಾಗಿರುವುದು. ಕಾಯವು ಈ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ವಸ್ತುವಿನ ರೂಪರೇಖೆಗಳು ಗುರುತಿಸಲ್ಪಡುವುವು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂತೆಯೇ ಯುರೇನಿಯಂ ಕಿರಣಗಳೂ ವಾಯುವನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಿಸಬಲ್ಲವು; ವಾಯುವಿನ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಮೊತ್ತವು ಅವುಗಳ ತೀವ್ರತೆಯ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಒಂದು ಮಾನವಾಗಿರುವುದು.

ಬೆಕ್ವೆರಲ್ ಮತ್ತು ರಾಂಟ್‌ಜೆನ್ ಇವರುಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿನ ಸಾದೃಶ್ಯವೇನೆಂದರೆ ಅನಿರೀಕ್ಷತೆ: ಅವು ಆಕಸ್ಮಾತ್ ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಆದರೆ ಕೇವಲ ಆಕಸ್ಮಿಕ ಸಂಭವ ಎಂದ ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ ಯಾವುದೂ ಮುಖ್ಯವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ

ಶೋಧನೆಗಳ ಮೂಲವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ರಾಂಟ್ಜೆನ್‌ಗೆ ಹಲವು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಗಳನ್ನು ''ಕಂಡಿದ್ದ'' ಜನರಿದ್ದಂತೆಯೇ, (ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್‌ನ ಸಂಶೋಧನೆ ಪ್ರಕಟವಾದ ನಂತರ ತಿಳಿದು ಬಂದಂತೆ) ಯುರೇನಿಯಂ ಲವಣಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕಗಳು ಕಪ್ಪಾಗುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದವರು ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಮೂವರಾದರೂ ಇದ್ದರು. ಆದರೆ ''ನೋಡುವುದು'' ಒಂದು ವಿಷಯ; ಆ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಗಮನಕೊಟ್ಟು, ಅದರ ವಾಸ್ತವವಾದ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಪೂರ್ತಿ ಬೇರೆಯಾದ ವಿಷಯ. ರಾಂಟ್ಜೆನ್ ಮತ್ತು ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ ಮಾಡಿದುದೂ ಮತ್ತು ಅವರಿಗೆ ಪೂರ್ವದವರು ಮಾಡದೇ ಹೋದುದೂ ಇದೇ ತಾನೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗೌರವವೂ ಮತ್ತು ಕೀರ್ತಿಯೂ ಅವರಿಗೇ ಸಲ್ಲುವುದು.

ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್‌ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ದಾರಿಯು ಮುಂದಿನ ಘಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಗಿತು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ನಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದವು. ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದಾಗಿ ಗಾಜು ಪ್ರದೀಪ್ತಿಗೊಂಡಿತು. ಆದರಿಂದಾಗಿ ಒಳಹೋಗುವ ಕಿರಣಗಳು ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯೊಂದಿಗೇ ಬರುವುವು ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇದ್ದಿತು. ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಪದಾರ್ಥಗಳೊಡನೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ ಆರಂಭಿಸಿದನು. ಭೇದಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವ ಕಿರಣಗಳು ಯುರೇನಿಯಂ ಇರುವ ಅನೇಕ ಖನಿಜಗಳಿಂದ ಹೊರಬರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಗಮನಿಸಿದನು. ಇದು ಒಂದು ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ವಿಷಯ. ಆದರೆ ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿಸುವ ಆತುರಪಡಲಿಲ್ಲ. ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹಲವಾರು ಸಲ ನಡೆಸಲಾಯ್ತು. ಆದರೆ ನಚ್ಚಿನಿಂದಲೋ ಎಂಬಂತೆ ಹಲವು ದಿನಗಳು ಸೂರ್ಯನು ಮೋಡಗಳಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರಲೇ ಇಲ್ಲ. ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕಗಳೂ, ಖನಿಜಗಳ ಮಾದರಿಗಳೂ ಅವನ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯ ಮೇಜಿನ ಸೆಳೆಖಾನೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ದಿನಗಳವರೆಗೂ ಉಳಿದಿದ್ದವು. 1896ರ ಮಾರ್ಚ್ 1ರಂದು ಕೊನೆಗೂ ಸೂರ್ಯ ಹೊರಗೆ ಬಂದ. ಆಗ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಹಾಗೆ ಮಾಡುವ ಮೊದಲು ತನ್ನ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕಗಳ ಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ನೋಡುವುದಾಗಿ ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ ನಿಶ್ಚಯಿಸಿದ. ಅವನು ಕತ್ತಲೆ ಕೋಣೆಗೆ ಹೋಗಿ, ಫಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಸ್ಫುಟಗೊಳಿಸಿದ ಮತ್ತು ತನ್ನ ಖನಿಜಗಳ ಮಾದರಿಗಳ ಸ್ಫುಟವಾದ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ನೋಡಿದ. ಈಗ ಪ್ರದೀಪ್ತಿ ಏನೂ ಇರಲಿಲ್ಲ, ಆದ್ದರಿಂದ ಕಾರಣ ಅದಿರಲಾರದು.



ಮಾರೀ ಸ್ಕ್ಲೊಡೌಸ್ಕ ಕ್ಯೂರೀ (**1867-1934**)–ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಸ್ತ್ರೀ ವಿಜ್ಞಾನಿ. **1898**ರಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ (ಆಗ ಈ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಸ್ವಭಾವ ವೇನೆಂಬುದು ಇನ್ನೂ ಗೊತ್ತಾಗಿರಲಿಲ್ಲ) ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅದರುಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾದ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಲ್ಲ ಹಲವು ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಳು. ಆಮೇಲೆ ಆಕೆಯು ಪೊಲೋನಿಯಂ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯಂಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ತೆಗೆದಳು. ಮಾರೀ ಕ್ಯೂರೀಯೂ ಮತ್ತು ಆಕೆಯ ಪತಿ ಪಿಯರ್ ಕ್ಯೂರೀ (**1859-1906**) "ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಆಚರಣೆಗೆ ತಂದರು. ಮಾರೀ ಕ್ಯೂರೀಯು →

ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ "ಕತ್ತಲೆ" ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಪುನಃ ನಡೆಸಿದ ಮತ್ತು ಹೊರಗಿನ ಬೆಳಕಿನ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆಯೇ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಸ್ಫುಟಗೊಳ್ಳುವ ಭೇದಕ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಖನಿಜಗಳೇ ಮೂಲವೆಂಬ ದೃಢನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬಂದ.

ಅನೇಕ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದುದರ ಫಲವಾಗಿ ಕಿರಣಗಳ ಮೂಲವು ಯುರೇನಿಯಂ ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್‌ಗೆ ತೋರಿತು. ಖನಿಜದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಭೇದಕ ವಿಕಿರಣವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಶುದ್ಧವಾದ ಯುರೇನಿಯಂನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡಲು ನಿಶ್ಚಯಿಸಿದನು. ಆದರೂ ಯುರೇನಿಯಂ ಒಂದು ಅಪೂರ್ವ ಮೂಲಧಾತು. ತನ್ನ ಸ್ನೇಹಿತನಾದ ಫ್ರೆಂಚ್ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಆನ್ರಿ ಮ್ವಾಸ್ಸಾನ್ (1852-1907) ಎಂಬಾತನನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕೊಡೆಂದು ಕೇಳಿದ. ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ವಿಜ್ಞಾನ ಪರಿಷತ್ತಿನ ಅಧಿವೇಶನ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧವಾದ ಯುರೇನಿಯಂ ತಯಾರಿಸುವ ವಿಧಾನ ಒಂದನ್ನು ಮ್ವಾಸ್ಸಾನ್ ವಿವರಿಸಿದ. ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಂ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದೆಂದು ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್ ವರದಿ ಮಾಡಿದ. ಈ ಶೋಧನಗಳನ್ನು 1896ರ ನವೆಂಬರ್ 23ರಂದು ಒಪ್ಪಿಸಲಾಯ್ತು. ಈ ಹೊಸ ವಿಷಯದ ಸಂಶೋಧನೆಗೂ ಹಿರೋಷಿಮ ನಗರದ ಮೇಲೆ ಹಾಕಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿಗೂ ಕೇವಲ ಐವತ್ತೇ ವರ್ಷಗಳ ಅಂತರವಿರುವುದು.

ಒಂದು ವರ್ಷ ಕಳೆಯಿತು ಮತ್ತು 1897ರ ಮಾಗುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇಬ್ಬರು ತರುಣ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಕ್ಯೂರಿಗಳು - ಗಂಡ, ಹೆಂಡತಿ ಇಬ್ಬರ ತಂಡ - ಒಂದು ತಣ್ಣನೆಯ ಕೊಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಆರಂಭಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಅವರು ಉತ್ಸಾಹದಿಂದ ಕಾರ್ಯನಿರತರಾದರು. ಮಾರೀ ಸ್ಕ್ಲೊಡೌಸ್ಕ ಕ್ಯೂರೀ (1867-1934) ತನ್ನ ಪ್ರೌಢ ಪ್ರಬಂಧದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್‌ನ ಭೇದಕ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಖನಿಜ ಮಾದರಿಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳ ವ್ಯಾಸಂಗವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡಳು.

ತೀವ್ರವಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಷಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಹೊಸ ವಿಷಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಒಯ್ದಿತು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಯುರೇನಿಯಂ ಅಲ್ಲದೆ ಥೋರಿಯಂ ಕೂಡ ಈ ಭೇದಕ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯ್ತು. ಈ

→ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಕೂಡಲೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡನು. ಮತ್ತು ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯದ ನಿಯಮಗಳು ಹೊರಪಟ್ಟವು.

ವಿಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಲಾಯ್ತು. ಭೇದಕ ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆಯು ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂ ಇವುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಘಟನಾ ಕ್ರಮವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಖಚಿತವಾಗಿ ಸಮಾನುಪಾತಿಯಾಗಿರುವುದು ಎಂಬ ಬೆಕ್ವೆರೆಲ್‌ನ ಊಹೆಯನ್ನು ಕ್ಯೂರೀ ದೃಢೀಕರಿಸಿದಳು.

ಆಮೇಲೆ ಒಂದು ಅಡಚಣೆ ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಯುರೇನಿಯಂ ಪಿಚ್‌ಬ್ಲೆಂಡೆಯು ಅದರು ಅದು ಯುರೇನಿಯಂಅನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ ಕೊಡಬೇಕಾದುದಕ್ಕಿಂತ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಅಯಾನೀಕರಣವನ್ನು ನೀಡಿತು. ಸಂಶೋಧಕನ ಮೇಧಾಶಕ್ತಿಯು ತುಂಬ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇರುವುದು ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೇ. ಸಾಧಾರಣ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಇದಕ್ಕೆ ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳೇ ಕಾರಣವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತಿದ್ದನು. ಆದರೆ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಬೇರೆ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬಹುದೆಂದು ಮಾರೀ ಕ್ಯೂರೀ ಗ್ರಹಿಸಿದಳು. ಪಿಚ್ ಬ್ಲೆಂಡೆ ಅದರು ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಭೇದಕ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕೊಡಬಲ್ಲ ಇದುವರೆಗೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿಲ್ಲದ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಂಶವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರಬಹುದಲ್ಲವೇ?

ಈ ಊಹೆಯು ಸತ್ಯವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಮಾರೀ ಕ್ಯೂರಿಯು ಕೈಗೊಂಡು ನೆರವೇರಿಸಿದ ಪ್ರಚಂಡ ಪರಿಶ್ರಮವು (ಮಾರೀಯ ಸ್ವದೇಶವಾದ ಪೋಲೆಂಡಿನ ಗೌರವಾರ್ಥವಾಗಿ) **ಪೊಲೋನಿಯಂ** ಎಂಬ ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತು ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ **ರೇಡಿಯಂ** (ಅರ್ಥಃಕಿರಣ) ಇವುಗಳನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿತು. ಶುದ್ಧ ಯುರೇನಿಯಂಗಿಂತ ರೇಡಿಯಂ ಸುಮಾರು ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಈಗ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಕಡಿಮೆ ಗಮನ ಕೊಟ್ಟು, ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯೋಣ.

ರೇಡಿಯಂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಾದ ಮೇಲೆ, ಭೇದಕ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವ ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಅವುಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ''ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ'' ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಡಲಾಯ್ತು.

ಈ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣವು ಯಾವುದು?

ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿದ ಒಂದು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಸ್ತುವಿನ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಇಡಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಸೀಳು ಇರುವ ಸೀಸದ

ರಕ್ಷಾಕಪಟವನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕಿರಣಗಳು ಸೀಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗಿ, ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಜಾಡನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಇಟ್ಟ ಕೂಡಲೇ ಸ್ಫುಟಪಡಿಸಿದ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಮೂರು ಗುರುತುಗಳು ಕಂಡುಬಂದವು. ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕಿರಣಜಾಲವು ಮೂರು ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ಒಡೆದಿದ್ದಿತು. ಒಂದು ಕಿರಣವು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹದಂತೆ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು, ಎರಡನೆಯ ಕಿರಣವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹವಾಗಿದ್ದಿತು ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಿರಣವು ಬಾಗಲೇ ಇಲ್ಲ. ಅದು ಹೇಗೋ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದಿರಬೇಕು.

ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹ, (ಅವುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಅವುಗಳನ್ನು **ಬೀಟಾ ಕಿರಣಗಳು** [β-ಕಿರಣಗಳು] ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು), ಹೀಲಿಯಂನ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹ (**ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರು) ಮತ್ತು ಯಾವುದೋ ಜಾತಿಯ ಗಟ್ಟಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣ (**ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರು) ಇವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಯ್ತು.

ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯ

ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣದ ಮೂಲಗಳಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಏನಾದರೂ ಆಗುವುದೇ? ಹೌದು, ಆಗುವುದು ನಿಜ. ಈ ಘಟನೆಗಳು ಬಹಳ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದವುಗಳು. ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವ ಸರ್ ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನು (1871-1937) (ಘಟನೆಗಳ ಚಾರಿತ್ರಕ ಕ್ರಮಾನುಗತಿಯನ್ನು ಕಡೆಗಣಿಸಿ ನಾವು ಆಗಲೇ ಆತನು 1911ರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದರ ವಿಷಯವನ್ನು ಹೇಳಿರುವೆವು) ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಜಾತಿಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಜಾತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು 1902 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯ ಆಧಾರ ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಈ ಭಾವನೆಯು ರಸಾಯನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರಿಂದ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಖಂಡಿಸಲ್ಪಡುವುದು ಎಂದು

ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದನು. ಸತ್ಯವೇ ಆಯ್ತು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಅವಿಭಾಜಕತೆಯೆಂಬ ಪವಿತ್ರ ಗರ್ಭಗೃಹವನ್ನು ಅತಿಕ್ರಮಿಸುತ್ತೇವೆ. ಯುರೇನಿಯಂನಿಂದ ಸೀಸವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು ಎಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿ ಜೋಯಿಸರಷ್ಟೇ "ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ"ಗೆ ಅರ್ಹರಾದ ರಸವಾದಿಗಳ (ಆಲ್‌ಕೆಮಿಸ್ಟ್‌ಗಳ) ಕನಸನ್ನು ಈಡೇರಿಸುತ್ತಿರುವೆವು.

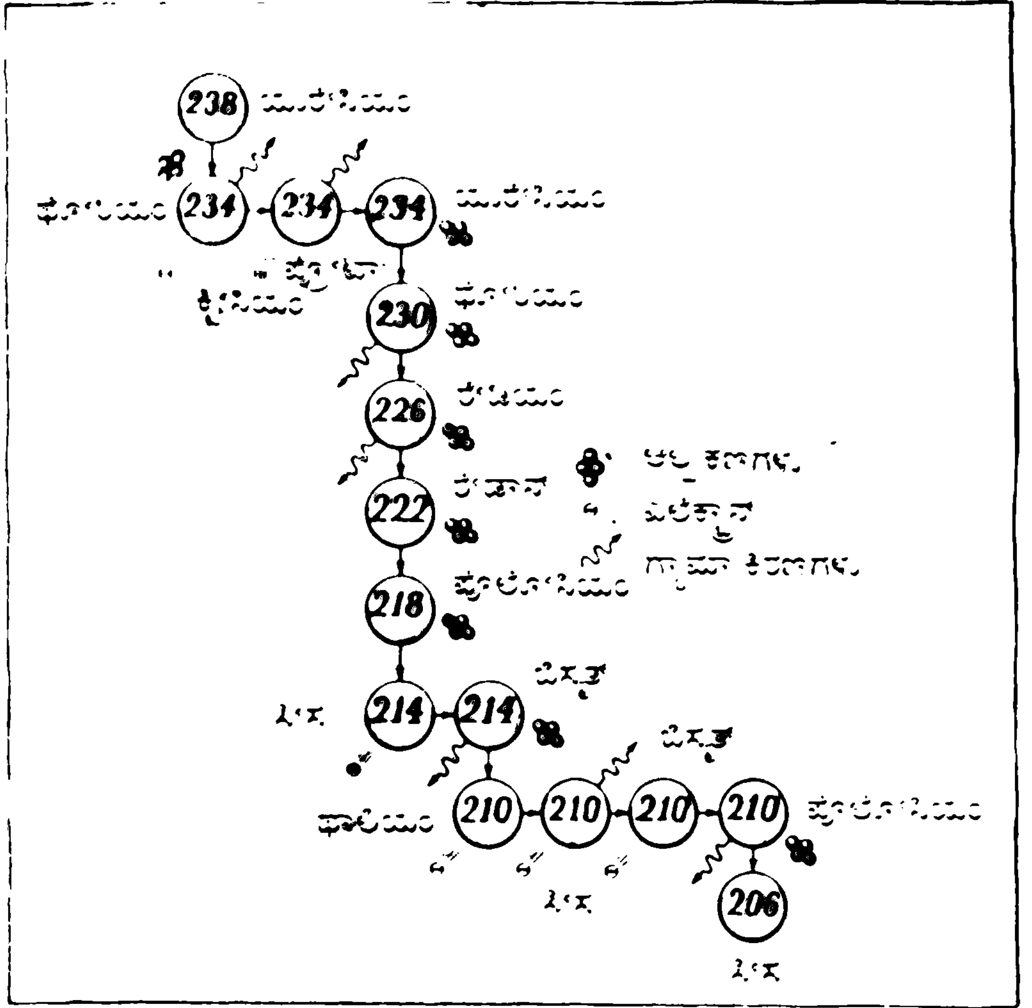
ಆದರೆ ಸಮರ್ಥನೆಯ ತೂಕದಿಂದಾಗಿ ಆಕ್ಷೇಪಕರು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟಿದರು ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಮೇಲೆ ಕೆಲವು ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯದ ವಿದ್ಯಮಾನವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ನಿರ್ವಿವಾದವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಮೂಲ ತತ್ವವೇನು?

ಆರಂಭಕ್ಕೆ, ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣದ ಒಂದು ಭಾಗವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಿಂದ ಹೊರಬರುವುವು ಎಂದು ಹೊರಪಟ್ಟಿತು. ಇದು ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಒಂದು ಏಕಾಂಕದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪರಮಾಣುವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಮುಂದಿರುವ ಪರಮಾಣುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಆಲ್ಫ ಕಣವು ಇಮ್ಮಡಿ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ಇಂತಹ ಕಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಿದರೆ, ಪರಮಾಣುವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಎಡಗಡೆಗೆ "ಪಲ್ಲಟ" ಹೊಂದಬೇಕು. ಇದರೊಡನೆ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯೂ ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ಅಸ್ಥಿರ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯಕ್ಕೆ ಈಡಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ತೀರ ಲಘುವಾದ ಮಾತಾಗುವುದು.

ಭೂಮಿಯು ತಣ್ಣಗಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದಾಗ ಇಂತಹ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅನೇಕ ವಿಧಗಳು ಇದ್ದವೋ ಎಂಬುದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅಸ್ಥಿರ ಪರಮಾಣುಗಳ ಯಾವ ವಿಧಗಳು ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಇದೆ. ಅವು ಮೂರು ವಂಶವೃಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಸೇರಿವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಇವುಗಳ ಮೂಲ ಜನಕಗಳ್ಯಾವುವೆಂದರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 238 ಇರುವ ಯುರೇನಿಯಂ



ಚಿತ್ರ 5.3

ಪರಮಾಣು, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 235 ಇರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 232 ಇರುವ ಥೋರಿಯಂ ಪರಮಾಣು.

ಚಿತ್ರ 5.3 ಮೊದಲನೆಯ ಹಂತವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ^{238}U ^{234}Th ಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದೇ ಮೊದಲನೆಯ ಪರಿವರ್ತನೆ, ಇದು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಇದನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಥೋರಿಯಂಅನ್ನು ಪ್ರೋಟಾಕ್ಟಿನಿಯಂಗೆ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾಕ್ಟಿನಿಯಂಅನ್ನು ಯುರೇನಿಯಂಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಎರಡು ಬೀಟಾ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಆಗುವುವು. ಆದರೆ ಈಗ ಬರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ

234 ಇರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಸಮಸ್ಥಾನಿ. ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹಿಂಬಾಲಿಸುವ ಐದು ಆಲ್ಫ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಾಗುವುವು. ಇವುಗಳು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 214 ಇರುವ ಸೀಸದ ಅಸ್ಥಿರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಸೇರುವುವು. ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಸೊಟ್ಟಸೊಟ್ಟ ಗೆರೆಗಳು, ಮತ್ತು ಈಗ ಕ್ಷಯ ಕಾರ್ಯವು ನಿಂತುಹೋಗುತ್ತದೆ: ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 206 ಇರುವ ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ನಾಶವೂ ಒಂದು ಅನಿಯಂತ್ರಿತ ಘಟನೆ - ''ಅದೃಷ್ಟಶಾಲಿ''ಗಳಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಜೀವಿತ ಕಾಲವುಳ್ಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇವೆ. ಇನ್ನು ಕೆಲವು ನುಸುಳಿ ಹೋಗುವ ಕ್ಷಣ ಕಾಲ ಮಾತ್ರ ಜೀವಿಸಿರುವುವು.

ಆದರೆ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುವು ಯಾವಾಗ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ಬೆಕ್ಕು ಅಥವ ನಾಯಿಯ ನಿಧನದ ತಾರೀಖನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿ ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಾಣಿ ಜಾತಿಗೂ ಅದರ ಸರಾಸರಿ ಜೀವಿತ ಕಾಲ ಒಂದಿರುವುದು. ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುವಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜಾತಿಗೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು: ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಖಚಿತವಾದ ಒಂದು ಸರಾಸರಿ ಜೀವಿತ ಕಾಲವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಪರಮಾಣುಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಜೀವನಕ್ಕಿಂತ ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದೆಂಬುದೇನೋ ನಿಜ. ಬದುಕಿರುವ ಜೀವಿಗಳ ಸರಾಸರಿ ಜೀವಿತಕಾಲದ ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ಅಸ್ಥಿರ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೀವಿತಕಾಲವು ಯಾವುದೇ ಬಾಹ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಸರಾಸರಿ ಕ್ಷಯ ಕಾಲ ಎಂಬುದರ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೂ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ. ಯಾವಾಗಲೂ, ಒಂದು ಕಾಲದ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದೇ ಅಂಶಭಾಗವು ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತದೆ.

$$\frac{\Delta N}{N} = \lambda t$$

ಈ ಸೂತ್ರವು $\Delta N/N$ ಎಂಬ ಭಿನ್ನರಾಶಿಯು ಸಣ್ಣ ಪರಿಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಊರ್ಜಿತವಾಗುವುದು.

λ ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪರಿವರ್ತನೆಗೂ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಬಳಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಯ ದರವನ್ನು ''ಅರ್ಧ-ಜೀವಿತಕಾಲ''ದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು



ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ರಧರ್‌ಫರ್ಡ್ [1871-1937] - ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗ ಪ್ರವೀಣ. ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ ಅತ್ಯಂತ ನವೀನವೂ ಆದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಆತನು ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕ್ಷಯದ ಮೂಲ ತತ್ವವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಒಂದು ಅಭಿಪಾತವು ಚದರುವ ವಿಷಯವಾಗಿ ತನ್ನ ಶ್ರೇಷ್ಠತಮವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಆತನು ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಂರಚನೆಯು ಒಂದು ಬೀಜ ಮತ್ತು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು →

ಚಿತ್ರಾತ್ಮಕವಾಗಿರುವುದು. ಇದು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪದಾರ್ಥದ ಯಾವುದಾದರೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಅರ್ಧವು ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವ ಕಾಲ. ಬೇರೆಬೇರೆ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ, ಈ ಕಾಲವು ಅಗಾಧ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ^{238}U ವಂಶದ ಮೂಲ ವಸ್ತುವಿನ ಅರ್ಧ ಜೀವಿತ ಕಾಲವು 450 ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 214 ಇರುವ ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅರ್ಧವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷಗಳ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಕ್ಷಯಿಸುವುವು ಎಂಬುದರೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದು

ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ವಿಘಟನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವುವು. ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು ಶಾಖ ಅಥವಾ ಬೆಳಕಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳು ದೊರಕುವುವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಾರ್ಬಾನಿಕ್ ಆಮ್ಲವು ನೀರು ಮತ್ತು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತದೆ; ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 230 ಇರುವ ಥೋರಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ರೇಡಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇವುಗಳಿಗೆ ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ವಿಘಟನೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ

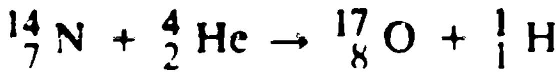


ಎಂಬ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಇರಬೇಕು. ಈ ವಿಧದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು A ಮತ್ತು B ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಮಾಡಬೇಕು. ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ (1871-1937) 1919ರಲ್ಲಿ ಆರಂಭಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಇವುಗಳೇ.

→ ವ್ಯೂಹ ಎಂಬ ಆಧುನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿದನು. ಬೇರೆಬೇರೆ ಬೀಜಗಳನ್ನು ಗುರಿಮಾಡಿದ ಹೊಡೆತಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ, ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಕೃತಕ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಆತನೇ ಮೊದಲನೆಯವನಾದನು.

ಇದು ಕಣಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಗಿಂತ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲವಾಗಿದ್ದಿತು. ಮತ್ತು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಮೇಲೆ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ಬಡಿತದಿಂದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸಂಭವಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಇತರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಅಭಿಘಾತಗಳು ದೊರೆತ ಮೇಲೆ, ಹೊಸದಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ತತ್ವತಃ ಯಾವುದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಒಂದನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು. ಚಿನ್ನವನ್ನು ಕೂಡ ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ರಸವಾದಿಗಳ ಕನಸು ನನಸಾಯಿತು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯು $A+B \rightarrow C+D$ ಎಂಬ ಮಾದರಿಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದು ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಇವುಗಳನ್ನು ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಇವುಗಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಅಭಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು:



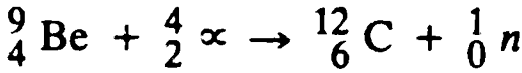
$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮತ್ತು ಕೆಳಗಡೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೊತ್ತಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದೆ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಕೆಳಗಡೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ, ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಪೂರ್ಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಬಟುಮಾಡಿದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮವು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಪಾಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಸುಮಾರಾಗಿ ಮಾತ್ರ ಪಾಲಿಸಲ್ಪಡುವುದು ಎಂದು ಆಮೇಲೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಮತ್ತು, ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುದಂಶದಂತೆಯೇ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೊತ್ತವೂ ಅಷ್ಟೇ ಖಚಿತವಾಗಿ ರಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಹೀನವಾದ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನಿಗೆ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕಣವು ಇರಬೇಕೆಂದು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ 1920ರಷ್ಟು ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿಯೇ ಅನುಮಾನಿಸಿದ್ದನು. ಹಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾದ ಆಲ್ಫ ಕಣವು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದೊಳಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ತೂರಬಲ್ಲುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟ ಎಂದು ಆತನು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟನು. ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಹೀನ ಕಣವನ್ನು - ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ - 1932ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವುದು ಏಕೆ ಇಷ್ಟು ವಿಳಂಬವಾಯ್ತು ಎಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಾಣುವುದು ಅವು ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಲೇಪನದಲ್ಲಿ ಬಿಡುವ ತಮ್ಮ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವ ಅಣುಗಳ ಅಯಾನೀಕರಣದಿಂದಾದ ಜಾಡುಗಳ ಮೂಲಕ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಹೀನ ಕಣಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಡನೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ, ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಯಾವ ಜಾಡನ್ನೂ ಬಿಡುವುದಿಲ್ಲ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವುದನ್ನು ನಾವು ದ್ವಿತೀಯಕ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು.

ಬೆರಿಲಿಯಂಅನ್ನು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳಿಂದ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದಾಗ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಅಭಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು:

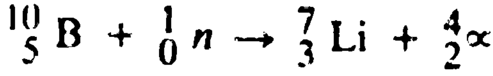


$$^{9}_{4}\mathrm{Be} + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{12}_{6}\mathrm{C} + ^{1}_{0}n$$

n ಎಂಬ ಸಂಕೇತವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ತಾನೇ ಯಾವ ಜಾಡನ್ನೂ ಬಿಡದಿರುವ ಕಣದ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಗೆ ದೃಢಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು? ಅದರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ. ಒಂದು ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ಒಂದು ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಚೆಂಡು ಇದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಕಾಣುವ ಒಂದು ಚೆಂಡು ಹಸಿರು ಬಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತಿದೆ ಮತ್ತು ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದ ಹಾಗೆ, ಅಕಾರಣವಾಗಿ ಒಂದು ಕಡೆಗೆ ಚಿಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗ ಇವುಗಳ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮಗಳು ಉಲ್ಲಂಘಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಎಣಿಸಲಾರ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಾಣುವ ಚೆಂಡು ಒಂದು ಕಾಣದ ಚೆಂಡಿನೊಡನೆ ಡಿಕ್ಕಿಹೊಡೆದಿರಬೇಕು ಎಂದು ಆತನು ನಿರ್ಧರಿಸುವನು. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ ಕಾಣದಿರುವ ಚೆಂಡಿನ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಆತನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲನು; ಕಾಣುವ ಚೆಂಡಿನ ಚಲನೆಯ ರೇಖೆಯಿಂದ ಆಗಿರುವ ವಿಚಲನವ ಕೋನ ಮತ್ತು ಅದರ ವೇಗದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಇವುಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಿಂದ ಆತನು ಇದನ್ನು ಮಾಡಬಲ್ಲನು.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗಣಿಸಲಾಗುವುದು. ಬೋರಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಪಥದಲ್ಲಿಡಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಬೋರಾನ್ ಪರಮಾಣು

ಬೀಜ ಒಂದನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ, ಅದರ ಇರವು ನಶಿಸುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ಅಭಿಕ್ರಿಯೆ ಹೀಗಿದೆ.:



$$^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}\alpha$$

ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣ್ಮರೆಯಾಯಿತು ಆದರೆ ಒಂದು ಆಲ್ಫ ಕಣವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಯಿತು. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವ ಜಾಡುಗಳನ್ನು ಬಿಡುವ ಇಂತಹ ವಿದ್ಯುದಾವಿಷ್ಟ ಕಣಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಸಲಕರಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲದ ತೀವ್ರತೆಯ ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ವಿಹೀನ ಕಣದ ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಾದ ಪ್ರಸ್ತಾರಕಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಸಂಪೂರ್ಣ ಭರವಸೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಉಚಿತವಾಗಿ ಸಮಹೊಂದಿಕೆಯಿರುವ ಪರೋಕ್ಷ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಬಲವು ಹೇಳಿ, ಕಾಣುವ ಜಾಡುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ನೋಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ನಂಬಲರ್ಹವಾದವುಗಳೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು

ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಇದರಿಂದ ಅನೇಕ ಅಸಮಂಜಸತೆಗಳು ಏರ್ಪಟ್ಟವು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸಂರಚನೆಯ ಒಂದು ತತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳೆಲ್ಲಾ ನಿಷ್ಫಲವಾದವು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಘರ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಂಡುಹಿಡಿದನಂತರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಇವುಗಳಿಂದಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯು ಕೂಡಲೆ ತಲೆದೋರಿತು. ಈ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯನ್ನು ಮೊದಲು ಮುಂದಿಟ್ಟವನು ರಷ್ಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಡಿ.ಡಿ. ಐವನೆಂಕೋ ಎಂಬಾತನು.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ, ಸಮವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕೆ ಅತಿಸಮೀಪವಾಗಿಯೋ ಇರಬೇಕೆಂದು ಪ್ರಾರಂಭದಿಂದಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು. ಒಂದೇ ಆದ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಸ್ಫುಟವಾದ ಅರ್ಥ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಇದರಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ನಾವು ಕಂಡಿರುವ ಹಾಗೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗೂ ಎರಡು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸಬಹುದು. ಒಂದು, ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ ಅದರ ಕ್ರಮ ಸೂಚಕ ಸಂಖ್ಯೆ Z, ಇದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿನ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಕ್ರಮ ಸೂಚಕ (ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು) ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದು. ಹೀಗಿರುವುದಾದರೆ, ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ವರ್ತನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು, (ಇದು ಏಕೆಂದರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಬೀಜಗಳ ಪಾತ್ರವಿರುವುದಿಲ್ಲ).

ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಯು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಒಂದೇ ಆದ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ಎರಡು ಕಣಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಹೊರಪಡಿಸಿವೆ. ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 1.6726×10^{-24} ಗ್ರಾಂಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಿಂತ **1836** ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ತೂಕವಾಗಿರುವುದು. ಪ್ರೋಟಾನ್ **1/2** ಮೌಲ್ಯದ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಮತ್ತು ಅದರ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್-ಗ್ರಾಂ-ಸೆಕೆಂಡ್ ಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ 1.41×10^{-23} ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು, ಅದಾಗಿ 1.6749×10^{-24} ಗ್ರಾಂ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನು **1/2** ಮೌಲ್ಯದ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಅದರ ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್-ಗ್ರಾಂ-ಸೆಕೆಂಡ್ ಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ 0.966×10^{-23} ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಭ್ರಮಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು: ದ್ಯುತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಜ್ಞಾನ, ರೇಡಿಯೋ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಮರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳ ಅಪಸರಣದ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳು - ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈಚಿನ ಕೆಲವು ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ

ಗಳಿಂದ ಸಂಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಮೂಲಭೂತ ಸಂಗತಿಗಳ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಇಲ್ಲಿ ನಮ್ಮನ್ನು ಮಿತಿಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

ಮೊದಲಿಗೆ, ಆವೇಗ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗೆ (ಅಥವಾ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ) ಅನ್ವಯಿಸುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳು ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಊರ್ಜಿತ ವಾಗಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಲು ಬಯಸುತ್ತೇನೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿಗೆ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು:

$$\sqrt{S(S+1)}\ \frac{h}{2\pi}$$

ಇಲ್ಲಿ h ಎಂಬುದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನಾವು ಸಂಧಿಸುವ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಭ್ರಮಣವು S ಎಂಬ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕ, ಈ ವ್ಯಂಜಕವಲ್ಲ. ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯು ನಿಷ್ಕರ್ಷೆಯಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಯುಕ್ತಿಯಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದೂ ಏನೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣದ ಭ್ರಮಣವೂ 0, 1/2, 1, 3/2, ಮುಂತಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಎಂದು.

(ವಿವಿಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ದೊರಕಿದ) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಭ್ರಮಣ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಕೋಷ್ಟಕಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಹಲವು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಗಳು ಕಾಣಬರುವುವು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಸಮಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಸಮಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇರುವ ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿ, ಬೀಜದ ಭ್ರಮಣವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. (He. ^{12}C. ^{16}O). ನಾಲ್ಕರ ಅಪವರ್ತ್ಯವಾಗಿರುವ ಬೀಜಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ (ಅಂದರೆ ಬೀಜದಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿರುವುದು ಕಾಣಬರುವುದು. ಅನೇಕ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ (ಎಲ್ಲದರಲ್ಲಿಯೂ ಅಲ್ಲ) ಪರಮಾಣುಬೀಜದ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಹೀಗೆ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು: ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ A ಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ನಾಲ್ಕರ ಅಪವರ್ತ್ಯವನ್ನು ಅದರಿಂದ ಕಳೆದು ಬಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೇ 1/2 ದಿಂದ ಗುಣಿಸಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಲಿಥಿಯಂ-6ರಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣವು $2\times1/2 = 1$; ಲಿಥಿಯಂ-7ರಲ್ಲಿ 3/2, ಬೋರಾನ್-10ರಲ್ಲಿ 1 ಮತ್ತು ಬೋರಾನ್-11ರಲ್ಲಿ 3/2, ಆಗಿರುವುದು.

ಇದರಲ್ಲಡಗಿರುವ ನಿಯಮವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಸಮ ಸಂಖ್ಯೆಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ A ಉಳ್ಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣವು ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯ;

A ಅಸಮಸಂಖ್ಯೆ ಆಗಿರುವ ಬೀಜಗಳ ಭ್ರಮಣವು 1/2 ದ ಒಂದು ಅಸಮ ಅಪವರ್ತ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

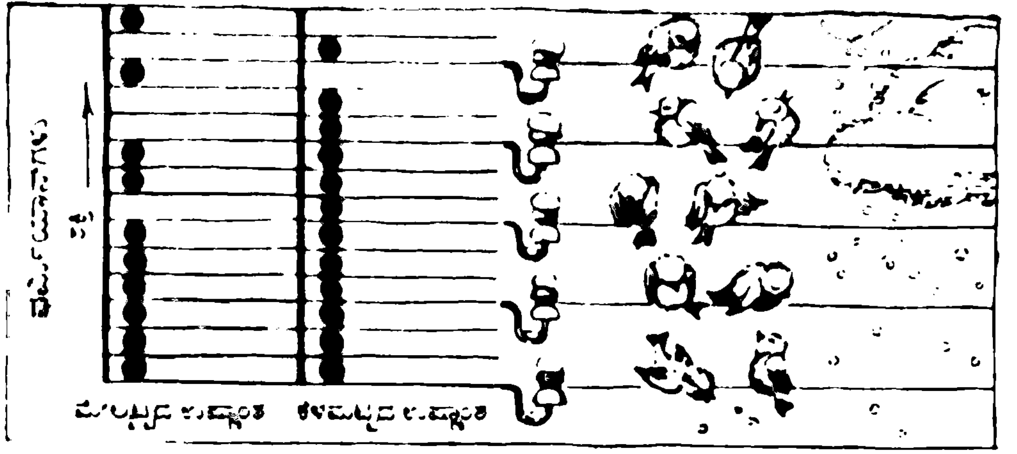
ಪೌಲಿ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವವು ಬೀಜದಲ್ಲಿನ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇರುವುದು ಅವುಗಳ ಭ್ರಮಣಗಳು ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರವಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಇವೆರಡೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಕಣಗಳಾದುದರಿಂದ ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೂ ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇರುವುದಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿರುವುದು. ಭ್ರಮಣ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವ ಈ ಅಡಕವಾದ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು (ಆಲ್ಫ ಕಣ) ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

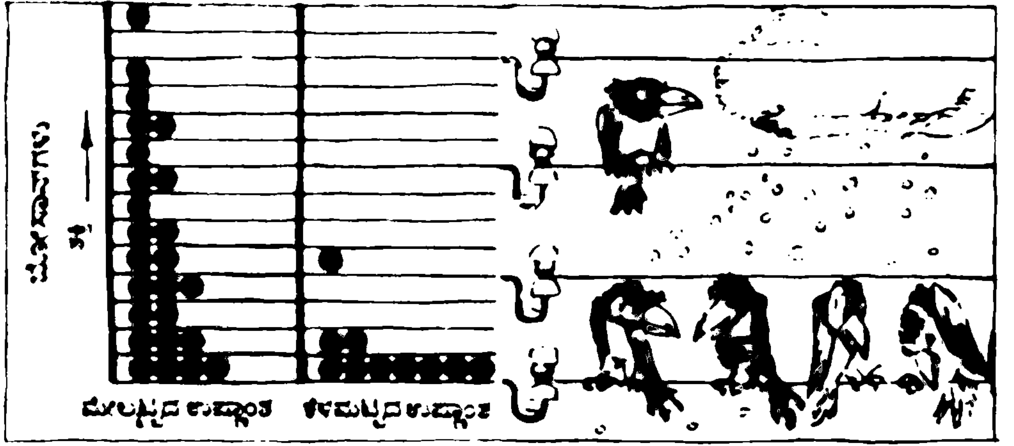
ಭ್ರಮಣವು ಇದ್ದರೆ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇರುವುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಆವೇಗ ಪರಿಮಾಣ *L* ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ *M* ಇವೆರಡರ ನಡುವೆ ನೇರವಾದ ಅನುಲೋಮ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇರುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿಯಾದರೂ ಅಥವಾ ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರ ವಾಗಿಯಾದರೂ ಇರಬಹುದು.

ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು

ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಭ್ರಮಣಗಳಿಂದುಂಟಾಗಿರುವ ಎರಡು ಕಣಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅವಕಾಶಕೊಡುವುದು ಎಂದು ಪುನಃ ಪುನಃ ಒತ್ತಿಹೇಳಿರುವೆವು. ಈ ತತ್ವವು (ಪೌಲಿ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವ) ಒಂದು ವರ್ಗದ ಕಣಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು ಎಂದು ಈಗ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇವಕ್ಕೆ **ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಫರ್ಮಿಯಾನ್ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಲ್ಲದೆ ಅಸಮ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳೂ ಸೇರಿವೆ. **ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು** ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ ಎರಡನೆಯ ವರ್ಗದ ಕಣಗಳೂ ಇವೆ. ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ಪೈಕಿ ಫೋಟಾನ್, ಹಲವಾರು (ಪೈ-ಮೆಸಾನ್‌ನಂತಹ) ಅಲ್ಪಜೀವಿ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳು ಮತ್ತು (ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ) ಸಮಸಂಖ್ಯೆಯ ಫರ್ಮಿ ಯಾನ್‌ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳೂ ಇವೆ.

ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಯಾವ ಮಿತಿಯೂ





ಚಿತ್ರ 5.4

ಇಲ್ಲ. ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಬಗ್ಗೆ ಇನ್ನೂ ಒಳ್ಳೆಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಚಿತ್ರ 5.4 ನೋಡಿ. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಯೂ ವಿರುದ್ಧ ಭ್ರಮಣಗಳುಳ್ಳ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಜೋಡಿಯ ಸಂಕೇತವಾಗಿರುವುದು. ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗುಂಪುಕಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುವುವು. ಈ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ, ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ಸ್ತಂಭದಂತೆ ಕಾಣುವುವು.

ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಡಿಮೆ

ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವುವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ "ನೆಲಮಾಳಿಗೆ"ಯಲ್ಲಿರುವ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಮವಾಗಿರಬಹುದು.

ನಾವು ಈಗ ಹೇಳಿರುವುದನ್ನು "ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ" ಪ್ರಯತ್ನಮಾಡಬೇಡಿ. ಅದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಕದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಿ, ಅಷ್ಟೆ. ಏಕೆಂದರೆ ನಾವು ಹೇಳಿರುವ ವಿಷಯವು ಪರಮ ಸತ್ಯ. ಪ್ರತಿಸಲವೂ ಬಹಳ ಜಟಿಲವಾದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಲಾಗುವ ವಿಷಯಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವಾಚಕನಿಗೆ (ಸಮರ್ಥನೆ ಏನನ್ನೂ ಕೊಡದೆ) ಹೇಳಬೇಕಾಗಿರುವುದಕ್ಕಾಗಿ ನಾನು ಬಹಳ ವಿಷಾದಿಸುತ್ತೇನೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗುಂಪುಗೂಡಬಲ್ಲವು. ಇತರ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೆ ಮಾಡಲಾರವು ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಹಾಗೆ ಗುಂಪುಗೂಡಬಲ್ಲವಾದರೆ, ಒಂದು **ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಘನೀಕರಣ** ಸಂಭವಿಸಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಣಗಳು ಒಂದುಗೂಡಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಆದರ್ಶಮಟ್ಟದ ಪರಸ್ಪರ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ಇರುತ್ತದೆ. ತಾಪೀಯ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆ ಇದ್ದರೂ ಕೂಡ ಅವಳಿಜವಳಿ ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿತರಲತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ದ್ರವದ ವಿಷಯವನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿರುವೆವು. ಈ ದ್ರವವು ^{4}He (ಹೀಲಿಯಂ) ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದು ಕೂಟ. ಈ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು. ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಮೇಲೆ 2.19 ಡಿಗ್ರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಘನೀಕರಣವೇರ್ಪಟ್ಟು ಇದರಿಂದ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಒಂದು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಗುಣವು ಕಾಣಬಹುದು. ಅತಿತರಲತೆ ಘರ್ಷಣೆಯು ನಷ್ಟಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಅರ್ಥ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಅತಿ ಕಿರಿದಾದ ಸೀಳುಗಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಸಾಗಿಹೋದರೆ, ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಕೂಡಲೇ ಅವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸುತ್ತವೆ.

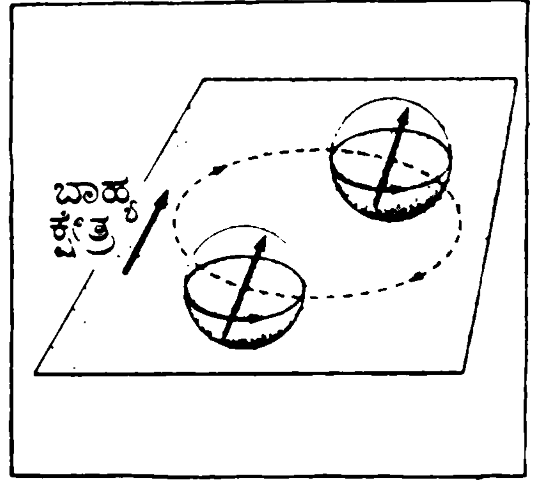
ಕಣಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹವು ತಡೆಗಳನ್ನು ಲಕ್ಷಿಸದೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಎರಡು ವಿದ್ಯಮಾನಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುತ್ತೇವೆ. ^{4}He ಪರ ಮಾಣುಗಳ ಅತಿತರಲ ಪ್ರವಾಹವು ಅನೇಕ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳಲ್ಲಿಯೂ

ಮತ್ತು ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವಿಲ್ಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ತೋರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು. ಅವು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಗುಂಪುಗೂಡಿಕೊಳ್ಳಲಾರವು. ಈ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಬಿಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ದಾರಿಯನ್ನು 1956ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕದ ಮೂರು ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಅವರು ಮುಂದಿಟ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕೆಳಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಜೋಡಿಜೋಡಿಗಳಾಗಬಹುದು; ಮತ್ತು ನಾವು ಆರಂಭದಲ್ಲಿಯೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಹಾಗೆ ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಜೋಡಿಯು ಒಂದು ಬೋಸಾನ್ ಆಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಂತಹ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಘನೀಕರಿಸಿದಾಗ, ಅತಿವಾಹಕತ್ವವು ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. **ಅತಿವಾಹಕತ್ವ** ಮತ್ತು **ಅತಿತರಲತೆ** ಎಂಬ ಎರಡು ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆದ **ಅರ್ಥವಿವರಣೆ** ಇರುವುದು. ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಣವು ''ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲ''ವಾದ ಪಥವನ್ನು ಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳೂ ಅದನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಜೋಡಿಗಳಾಗಿ ಸೇರುವಿಕೆಯಿಂದ ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು ಬೋಸಾನ್‌ಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಭಾವವು ನಿಜವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ನಾವು ಕೇಳಬಹುದು: ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮತ್ತು ಫರ್ಮಿಯಾನ್ ಆದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ 3 ಇರುವ ಹೀಲಿಯಂನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ^{4}He ಅಂತೆ ಅತಿತರಲವಾಗಬಲ್ಲುದೇ?

ಈ ಸಂಭವವು ಇರುವುದಾದರೆ, ಅದು ಹೀಲಿಯಂನ ಮೂಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ^{4}He ಅತಿತರಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಾಗಬೇಕೆಂದು ಮುಂಚೆ ಮುಂಚೆಯೇ ವ್ಯಕ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಕಾರಣವು ಸ್ಪಷ್ಟ: ^{3}He ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜವು ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದು, ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅದು ತನ್ನ ಸಹೋದರನಿಗಿಂತ ಶೇಕಡ 25ರಷ್ಟು ಹಗುರವಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಅದರ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ? ದುರಾದೃಷ್ಟವಶಾತ್, ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ^{3}He ಅತಿತರಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಅಸಾಧಾರಣವೆನಿಸುವ ದೃಢಪ್ರಯತ್ನದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅಗಾಧ



ಚಿತ್ರ 5.5

ತೊಡಕುಗಳ ನಿವಾರಣೆಯಿಂದಲೂ ಅತಿತರಲ ಹೀಲಿಯಂ ^{3}He ಯನ್ನು 1974ರಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು.

ಮತ್ತು ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುದು? ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ದಪ್ಪ ಅಕ್ಷರಗಳಲ್ಲಿ ಮುದ್ರಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಉಚಿತವಾಗಿರುವುದು: **0.0027** ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್‌ನಲ್ಲಿ. ಇದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಸಾಧಾರಣ ^{4}He ಹೀಲಿಯಂಗೂ ನಡುವಣ ಎರಡು ಡಿಗ್ರಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅಷ್ಟೇನೂ ಹೆಚ್ಚಲ್ಲವೆಂದು ವಾಚಕನು ಭಾವಿಸುವುದಾದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಆಲೋಚನೆಯನ್ನು ಮನಸ್ಸಿಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಿ. ಇದು 20°C ಮತ್ತು 18°C ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಂತೆ ಸುತರಾಂ ಅಲ್ಲ. ಈ ದಿನವಹಿಯ ವಿದ್ಯಮಾನದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 293/291 ಎಂಬ ಅಪವರ್ತನದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾಯ್ತು. ಆದರೆ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅದು 1000 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಯ್ತು. ಇದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ, ಮತ್ತು ^{3}He ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ''ಬೋಸಾನ್'' ಜೋಡಿಯಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುದನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದ ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ, ಒಂದು ಮಹಾಸಾಧನೆ.

ಇದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲೂ ಮತ್ತು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲೂ ಒಂದು ಚಿತ್ರವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಬಹುದು. ಚಿತ್ರ 5.5ರ ಕಡೆಗೆ ನೋಡಿ. ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ^{3}He ಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಘನೀಕರಣ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕಾಂತೀಯ ಅನುರಣನದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನೆಗೆತದಂತಹ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಉಂಟಾಗಬೇಕು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಜೋಡಿಯು

ಒಂದೇ ಒಂದರಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಯಾಗುವುದೂ ಇದೇ. ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು ಯಾವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಯಾವ ಘಟನೆಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಬೋಸಾನ್ ಜೋಡಿಗಳಾಗಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಇದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಉಜ್ವಲವಾದ ಘಟವಾಗಿರುವುದೆಂದರೆ, ವಾಚಕನಿಗೆ ಆ ವಿಚಾರವನ್ನು ತಿಳಿಸದಿರುವುದು ಶೋಚನೀಯ ವಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದಿತು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ

ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಪೂರ್ಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಏಟುಮಾಡುವುದು ಎಂದು ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಿರುತ್ತೇನೆ.

ಇಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (ಇದನ್ನು ಒಂದನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ) ^{12}C ಎಂಬ ಇಂಗಾಲದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ 1/12ರಷ್ಟನ್ನು ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನವಾಗಿ ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳೂ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಗಳಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದಾದರೂ, ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೋಷ ಗಳಿಂದಲೇ ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ಹೇಳಲಾಗದಷ್ಟು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿದೆ. ^{1}H ಇದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 1.00807ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು, ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡರಷ್ಟು ಇಲ್ಲವೇ ಇಲ್ಲ. ಅದು 2.01463ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಕೋಷ್ಟಕಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ, ಬೀಜಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು ಹೊಸ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 1.00888; ಪ್ರೋಟಾನ್ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 1.008807; ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಇವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 4.0339ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು, ಆದರೂ ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನೊಳ ಗೊಂಡಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿಲ್ಲ, 4.0038ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಅದರಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವ ಬೀಜದ ಘಟಕ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕಿಂತ 0.0301

ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಏಕಮಾನ (a.m.u) ದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಅಳತೆಯ ನಿಖರತೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಸಾವಿರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಸಣ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಗಾಢವಾದ ಅರ್ಥವಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಅದು ಏನು?

ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಅದು ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ರಂಗಸ್ಥಳದ ಮೇಲೆ ಬಂದುದು; ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗವು ದೃಢಪಡಿಸಿದುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿದ್ದಿತು ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಮೊತ್ತವು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆ (ಇದಕ್ಕೆ **ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೊರೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು) ಎಂಬ ವಿಷಯಕ್ಕೆ $E = mc^2$ ಎಂಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೂ ಅರ್ಥವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಒಂದು ವ್ಯೂಹವು ΔE ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಅಥವಾ ಕಳೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆಗ ಆ ವ್ಯೂಹದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

ಮೌಲ್ಯದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ (ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ) ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೊರೆಗೆ (ಈ ನಿಯಮದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ) ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ನೈಜವಾದ ಅರ್ಥವಿವರಣೆಯು ದೊರಕುತ್ತದೆ: ಅದು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಕಣಗಳ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಮಾನವಾಗಿದೆ.

ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ***ಬಂಧಕಶಕ್ತಿ***ಯು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುವ ಬಂಧನವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಭೇದಿಸಲು ವ್ಯಯಮಾಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿತವಾಗಿದೆ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಮೂಲಭೂತಕಣಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಆಗ ವ್ಯೂಹದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೊರೆ Δm ಎಂಬ ಮೊತ್ತದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಒಡೆಯುವುದರಿಂದ ಅಪಾರ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು. ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಏಕಮಾನದ ಸಾವಿರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು, ಅಂದರೆ 1.66×10^{-27} ಗ್ರಾಂ ಅಷ್ಟರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸುಮಾರು 10 ಲಕ್ಷ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ, ಬಹು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಒಂದು ವಿಷಯವು ವಾಚಕನಿಗೆ ಕೂಡಲೇ ಕಾಣಬರುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನಗಳನ್ನೂ ಬಂಧಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು, ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ, ಎಲ್ಲಾ ಬೀಜಗಳಿಗೂ, (ಕೆಲವು ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದವುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು) ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆ, ಅದಾಗ 8 MeV (ಮೆಗಾಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು, ಅಥವಾ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು), ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಣಾಮವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೊರಪಡುತ್ತದೆ. ಪರಸ್ಪರ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪವರ್ತಿಗಳಾದ ಪ್ರೋಟಾನಗಳಿಗೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಗಳಿಗೂ ಮಾತ್ರ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಬಲಗಳು ಚಿಕ್ಕದಾದ ದೂರಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ಈ ಕಣಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಸರಿಸಮನಾದ ದೂರಗಳಿಗೆ (ಅಂದರೆ 10^{-13} ಸೆ.ಮೀ.) ಸರಿದರೆ ಅವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವುವು.

8 MeV ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಣುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧನಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವುದರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಹಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಎಂಬ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯವು ಹೊರಪಡುವುದು. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಛೇದಿಸುವುದಕ್ಕೆ (ವಿದಲನ) ಬೇಕಾಗುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹತ್ತಾರು ಲಕ್ಷ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಬಲಗಳು ಅಗಾಧ ಮೌಲ್ಯಗಳದ್ದಾಗಿರುವುದೆಂದು ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಬಲಗಳು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಧದ ಬಲಗಳು ಎಂಬುದೂ ಸ್ಪಷ್ಟ, ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ಒಂದೇ ವಿಧದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳುಳ್ಳ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಬಂಧಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿವೆ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಬಲಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಎರಡು ವಿಧದ ಬಲಗಳು ಪಾಲಿಸುವ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಉಪಕರಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳಿಂದ

ಅತ್ಯಂತ ದೂರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಗುರುತಿಸಿಡಬಲ್ಲವು: ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಬಲಗಳು ದೂರದೊಂದಿಗೆ ಬಹುಬೇಗ ಕ್ಷೀಣಿಸುವುವು. ಅವು ಕಾರ್ಯತಃ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಮೇರೆಗಳಿಂದಾಚೆಗೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಬಲಗಳು (ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯೋಜನ ಬಲಗಳಂತೆಯೇ) ಸಂತೃಪ್ತಿ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಾನೂ (ಅಂದರೆ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್) ತನಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ನೆರೆಹೊರೆಯ ಕೆಲವುಗಳೊಡನೆ ಮಾತ್ರ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳಿಗೆ ಈ ವಿಧದ ಪರಿಮಿತಿ ಏನೂ ಇಲ್ಲ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂರು ವಿಧದ ಬಲಗಳಿರುತ್ತವೆ: ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ. ಇದು ಸರಿಯೇ? ಇದುವರೆಗೂ ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿಲ್ಲ. ''ದುರ್ಬಲ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ'' ಎಂಬ ಅನುಚಿತ ಹೆಸರಿನ ನಾಲ್ಕನೆಯ ಬಲ ಒಂದಿದೆ ಎಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಾದಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಬಹುದೆಂಬ ನಂಬಿಕೆಗೆ ಅವಕಾಶವಿರುವುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಶಕ್ತಿ

ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಾವು ವಿಶದಪಡಿಸಿರುವೆವು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವ ಕ್ರಮಗಳನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ ಏರ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುವು; ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಆದಿಯ ಬೀಜಗಳೂ ಮತ್ತು ಹೊಸದಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕಣಗಳೂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. (ಇದು ಏಕೆಂದರೆ, ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಮುಂಚೆಯೂ ಮತ್ತು ನಂತರವೂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೊತ್ತವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೇ ಹೊರತು, ಬೀಜಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಮೊತ್ತವಲ್ಲ).

ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಶಕ್ತಿಯ ಅಪಾರ ಮೊತ್ತಗಳ ಬಿಡುಗಡೆ ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣವೂ ಸಂಭವಿಸುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೂ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣಕ್ಕೂ ಯಾವ ಹೋಲಿಕೆಯೂ ಇಲ್ಲ. ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಉರಿಸಿದರೆ, ಅರ್ಧ ಲೋಟ ನೀರು ಕುದಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಬರುವಷ್ಟು ಉಷ್ಣವು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತವು, ಇದನ್ನು ಎಳ್ಳಷ್ಟೂ ಹೋಲುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಿರುವೆವು; ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಬೆರಿಲಿಯಂನಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನೂ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಆಗ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣವು ಒಂದು ಸಾವಿರ ಟನ್ನುಗಳ ನೀರನ್ನು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿಗೆ ತರಲು ಸಾಕಾಗುವುದು.

ಈ ವಿಷಯವು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ಆದರೂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವಾಗಿ ತೋರುವುದು ಎಂದು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಹೇಳುತ್ತಿದ್ದನು. (ಆಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯ ಸುಳಿವೇ ಇರಲಿಲ್ಲ). ಈ ಮಾಲಿಯ ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿರುವ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಮಾನಸಿಕ ಊಹೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮೈಕೆಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆ (1791-1867) ಮತ್ತು ಹೈನ್ರಿಕ್ ರುಡಾಲ್ಫ್ ಹರ್ಟ್ಜ್ (1857-1894) ಇವರುಗಳು ಮುನ್ನರಿಯಲಾಗದೆ ಹೋದಂತೆಯೇ ಆತನೂ ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸಂಗತಿಯಿಂದ ಮುಂದೆ ಬರಲಿರುವ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನು ಮುಂಗಾಣಲಾರದೇ ಹೋದನು. ಆದರೆ ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ನಿರಾಡಂಬರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪರಿಣಾಮವು ಏನೆಂಬುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದರಿಂದ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣ ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳ ಕ್ರಮವನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ನೆನಪುಮಾಡಿ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ ವಿನಿಯೋಗ ಮಾಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಮೊದಲಿಗೆ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳ ನಡುವಣ ಲಕ್ಷಣ ಸಾಮ್ಯಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇನೆ.

A ಮತ್ತು B ಕಣಗಳು C ಮತ್ತು D ಕಣಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವ ಮಾದರಿಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಂದಗಾಮಿ ಕಣಗಳು ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ಕಣಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದೋ ಅಥವಾ ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ಕಣಗಳು ಮಂದಗಾಮಿ ಕಣಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ

ಯಾಗುವುದೋ ಎಂಬುದನ್ನನುಸರಿಸಿ ಉಷ್ಣವು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು ಅಥವಾ ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೂ ಇದೇ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಮಂದಗಾಮಿ ಕಣಗಳಿಂದ ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದರೆ, ವ್ಯೂಹದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಆದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ ವ್ಯೂಹದ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಿಮೆಯಾದಾಗ ಮಾತ್ರ. ಅಂದರೆ, ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಕಣಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವು C ಮತ್ತು D ಕಣಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಇದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೂ ಅದೇ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ತಗ್ಗುವಿಕೆಗೂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ತಗ್ಗುವಿಕೆಗೂ ಏಕೈಕ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು. ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಿಂದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಇದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ ಇದು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮವು ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. A ಮತ್ತು B ಅಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಮೊತ್ತವು C ಮತ್ತು D ಅಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಈ ಸಮತೆಯು ರಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೆ, ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಒಂದು ಇರುವುದು! ಇಲ್ಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲ. ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಮಾತ್ರ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು (ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳೂ, ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ) ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಾದವುಗಳೆಂದರೆ ಅಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಎರಡು ವಿಧದ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಾಮ್ಯವು ನೂರು ಪ್ರತಿಶತಗಳಷ್ಟಿರುವುದು.

ಈ ವಿಷಯವು ಅಷ್ಟು ಮುಖ್ಯವಾದುದಾಗಿರುವುದರಿಂದ (ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆಯು ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಜಾತಿಯ ಕಾರ್ಯಗತಿ ಎಂದು ಅನೇಕರು ಭಾವಿಸಿರುವರು, ಆದರೆ ಅದು ಹಾಗಲ್ಲ) A ಕಣವು B ಮತ್ತು C ಕಣಗಳಿಗೆ ಕ್ಷಯವಾಗುವ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ವಾದಕ್ರಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸೋಣ. ಕಣವು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆದರೆ, ಆಗ A ಕಣವು ಅಸ್ಥಿರ ಎಂದು ಹೇಳುವೆವು. A ಕಣವು ಒಂದು ಅಣುವಾಗಿದ್ದರೆ

ಪದಾರ್ಥವು ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತದೆ (ವಿಘಟನೆಯಾಗುವುದು) ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. A ಕಣವು ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜವಾಗಿದ್ದರೆ, ಪದಾರ್ಥವು ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಎರಡು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಉಷ್ಣವು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. B ಮತ್ತು C ಕಣಗಳು, ಮೊದಲು ಅವುಗಳು ಹೊಂದಿಲ್ಲದಿದ್ದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಬಂದಿದೆ. ಚಿತ್ರಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಹೇಳಿದರೆ, B ಮತ್ತು C ಕಣಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಸ್ಪ್ರಿಂಗು ಕಡಿದು ಹೋಯಿತು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯು ಮಾಯವಾಯಿತು. ಈ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದಲೇ ಶೀಘ್ರಗತಿಯ B ಮತ್ತು C ಕಣಗಳು ದೊರಕಿದವು, ಅಂದರೆ ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆ ಆಯಿತು.

ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ A ಅಣುವಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಾಗಲೀ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ B ಮತ್ತು C ಅಣುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಾಗಲೀ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ನಾವು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ, ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. B ಮತ್ತು C ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು A ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಪ್ರಮಾಣದ ಕೊರೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು.

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಅದಕ್ಕೆ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಮೌಲ್ಯ ಉಂಟೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ವ್ಯೂಹದ ಅಸ್ಥಾಯಿತ್ವದ ನಿಬಂಧನೆ ಅದಾಗಿ ಆದಿಯ ಪದಾರ್ಥವು ಕ್ರಿಯೆಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವುದು ಎಂಬುದು. ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಹೇಳುವಂತೆ, ಒಂದು ಅವಶ್ಯಕವಾದ ನಿಬಂಧನೆ, ಆದರೆ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ನಿಬಂಧನೆ ಅಲ್ಲ.

ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಇಂಧನವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಲು ಇರಬೇಕಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವೆವು. ಇಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ನಡುವಣ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿದರೆ ಸಾಕು.

ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ: ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಸಾಲದು. ಉಷ್ಣವು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುಗಳನ್ನು "ಹೊತ್ತಿಸಬೇಕು" ಎಂಬುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಆಘಾತಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ

ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಕಲಿತರೂ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇಂಧನದ ನಿರ್ಮಾಣವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾತ್ರವೂ ಸಮೀಪಿಸಿರಲಿಲ್ಲ.

ಬೆರಿಲಿಯಂ ಅಥವಾ ಲಿಥಿಯಂ ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆ ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಒಂದು ಇಂಧನದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅವು ಇಂಧನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಮೊದಲನೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಪಾಲಿಸುವುವು: ಅವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವುವು. ಲಿಥಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೆರಿಲಿಯಂಗಳು ಸಣ್ಣ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನ ಚೂರುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುವು, ಒಂದೊಂದು ಚೂರನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಹೊತ್ತಿಸಬೇಕು.

1930ರ ದಶಕದ ಕೊನೆಯವರೆಗೂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇಂಧನದ ನಿರ್ಮಾಣವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರಾಶಾದಾಯಕವಾದ ಉದ್ಯಮವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆ

1934ರಿಂದ ಆರಂಭವಾಗಿ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇಟಲಿಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಎನ್ರಿಕೋ ಫರ್ಮಿ (1901-1954) ಮತ್ತು ಅವನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದಾಗಿ, ಅನೇಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಮಂದಗಾಮಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು.

ಆಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಕೆಲವು ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಆಗುವುವು (ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಮಾ ವಿಕಿರಣವೂ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗುವುದು) ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ 1938ರಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧಕರು (ನಾವು ಈಗ ಚರ್ಚಿಸಲಿರುವ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಯು ನಡೆದುದು ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದು ಕುತೂಹಲಕರ) ಫರ್ಮಿಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮೂಲಕ ಪಟುಗೊಳಿಸಿದ ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಥನಂ ಅನ್ನು ಹೋಲುವ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತು ಇರುವುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇವಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ವಿವರಣೆಯು ಸಾಧ್ಯ: ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯ ಫಲವಾಗಿ, ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಎರಡು ತುಂಡುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತದೆ. ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಈ ವಿಷಯದ ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯು ಮೊದಲಿಂದಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದ್ದಿತು. ಇಲ್ಲಿ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಅಷ್ಟು ಹೊತ್ತಿಗೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆ

ಯನ್ನು ಆಗಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು: ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವುವು. ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ 1.6ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಮತ್ತು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಲ್ಯಾಂಥನಂ ಅಂತಹ ಮೂಲಧಾತುವಿನಲ್ಲಿ ಈ ಅನುಪಾತ 1.2 ಮತ್ತು 1.4 ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವುದು.

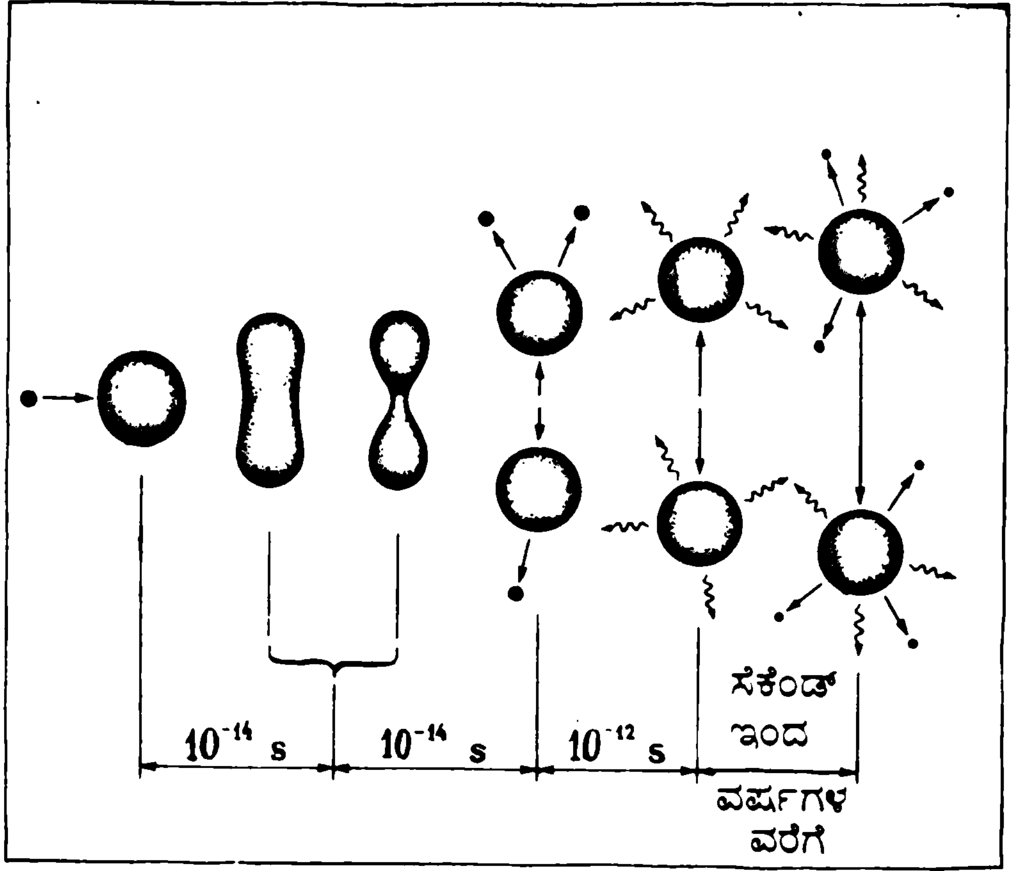
ಈ ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಅರ್ಧ ಹೋಳುಗಳಾಗಿ ಒಡೆದರೆ (ವಿದಲನ ಎಂದು ಇದಕ್ಕೆ ಬಳಸುವ ಪರಿಭಾಷೆ) ಆಗ ವಿದಲನದ ಉತ್ಪನ್ನ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ತಪ್ಪದೆ ಹಲವು "ಅಧಿಕ" ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು "ಬೆಂಕಿ ಕಡ್ಡಿ"ಗಳ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ಸರಪಳಿಕ್ರಿಯೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಈಗ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲನೆಯ ಗಣನೆಗಳನ್ನು 1939ರಲ್ಲಿ ನೆರವೇರಿಸಲಾಯ್ತು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಪರಮಾಣು ಸಂಚಯದಿಂದ (ಈಗ ಇದಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ ಎಂದು ಹೆಸರು) ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಹಿರೋಷಿಮಾ ಮೇಲೆ ಅದರ ಸ್ಫೋಟನೆ ವರೆಗಿನ ಘಟನೆಗಳ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕ ಪರಂಪರೆಯು ಅನೇಕ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ, ಆದರೆ ಇದು ನಮ್ಮ ಕಥೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಮೀರಿರುತ್ತದೆ ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಷಯದ ಇಂದಿನ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವೆವು.

ಮೂರು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಚರ್ಚೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು: ಮೊದಲನೆಯದು: ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯ ಅರ್ಥವೇನು? ಎರಡನೆಯದು: ಈ (ಅಭಿ) ಕ್ರಿಯೆಯು ಹೇಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗಬಲ್ಲದು, ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದು: ಯಾವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ಸ್ಫೋಟನೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದು?

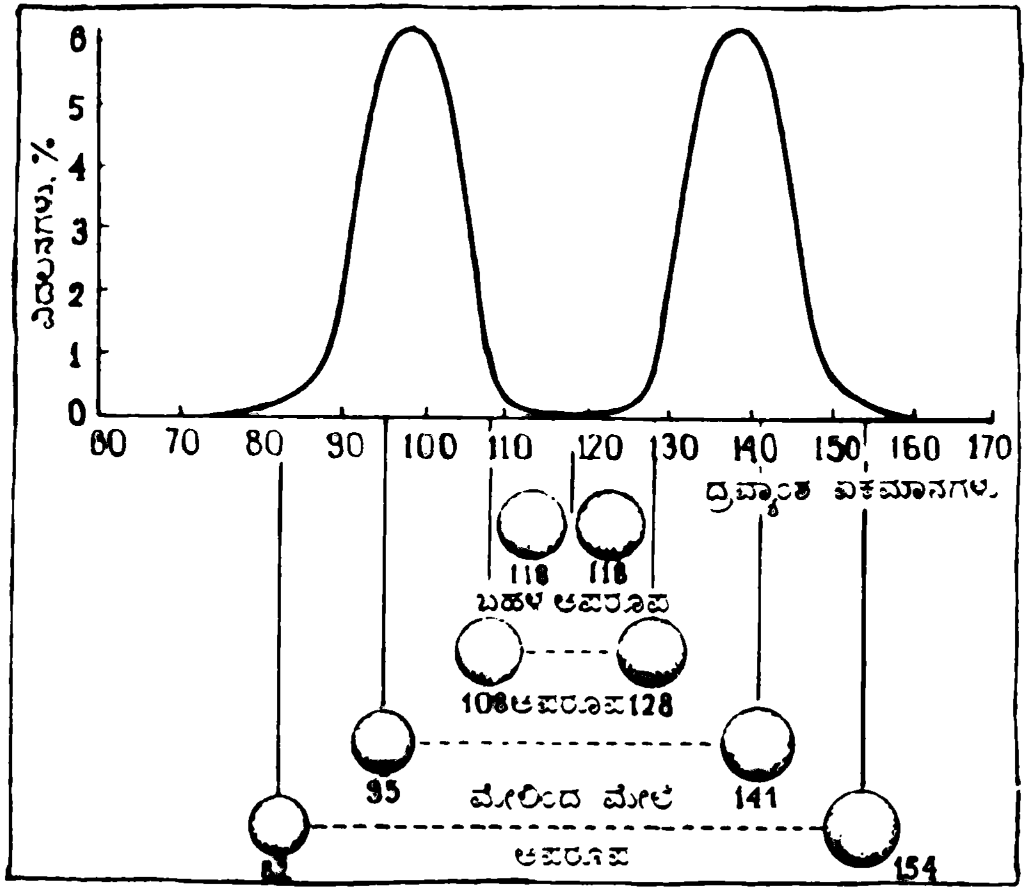
ಚಿತ್ರ 5.6 ಈ ವಿಧದ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯ ನಕ್ಷೆ: ಯುರೇನಿಯಂ - 235 ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿದಲನ

ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಸರಳ: ಅದು ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ದೊರಕುವುದು. ನಮಗೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಪಟುವಾದ "ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿ"ಯು ಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ರೇಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೆರಿಲಿಯಂ ಇವುಗಳ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 5.6

92 ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೂ 143 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಗೋಲದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಪರಮಾಣು ಬೀಜದೊಳಕ್ಕೆ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಪ್ರವೇಶಮಾಡಿ ಯುರೇನಿಯಂ-236 ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು. ಭೇಟಿಕಾರ ಕಣವು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ವನ್ನು ವಿರೂಪಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸುಮಾರು 10^{-14} ಸೆಕೆಂಡಿನ ಕಾಲಾವಧಿಯ ನಂತರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಎರಡು ಅರ್ಧ ಭಾಗಗಳೂ ಒಂದು ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಸೇತುವೆಯ ಮೂಲಕ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ; ಇನ್ನೂ 10^{-14} ಸೆಕೆಂಡ್ ನಂತರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ಎರಡು ತುಂಡುಗಳಾಗಿ ಒಡೆದಿದೆ. ಇದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತುಂಡೂ ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು (ಸರಾಸರಿ 2.56) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡುತ್ತದೆ. ತುಂಡುಗಳು ಅಗಾಧವಾದ



ಚಿತ್ರ 5.7

ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯೊಡನೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಬಿಟ್ಟು ಹಾರುತ್ತವೆ. ಯುರೇನಿಯಂ-235ರ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ 2.5 ಟನ್ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನಷ್ಟು ಅಂದರೆ 22 000 ಕಿಲೋವಾಟ್-ಗಂಟೆಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ 10^{-12} ಸೆಕೆಂಡ್ ನಂತರ, ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಗ್ಯಾಮಾ ವಿಕಿರಣದ ಎಂಟು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಿ ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಶಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದಿರುವುವು. ಹೊಸ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತ್ವವುಳ್ಳವು. ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ತುಂಡುಗಳ ಜಾತಿಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಇದರಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಕ್ಷಯ ಕ್ರಿಯೆಯು ಹಲವು ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಅಥವಾ ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಮುಂದುವರಿಯಬಹುದು. ಇದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಮಾ

ಕಿರಣಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಯೂ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಉಚ್ಚಾಟನೆಯೂ ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಯುರೇನಿಯಂ-235ರ ಪರಮಾಣುಬೀಜವು ಎರಡು ಅಸಮವಾಗಿರುವ ತುಂಡುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದು ಎಂಬುದು ಚಿತ್ರ 5.7 ರಿಂದ ಕಂಡುಬರುವುದು. ವಕ್ರ ರೇಖೆಯನ್ನು ನೋಡುವುದರಿಂದಲೇ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದಲನಗಳಲ್ಲಿ **141** ಮತ್ತು **95** ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು.

ಹೊಸದಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ತುಂಡುಗಳ ಗುಂಪು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ವಿವಿಧ ಕೋರಿಕೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಈಗ ಈಡೇರಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಯುರೇನಿಯಂನ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಜಗಳ ವಿದಲನವನ್ನು ಆಗಗೊಳಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬಹುದು.

ದ್ರವ್ಯವು ಅದರ ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಸಂರಚನೆಯಲ್ಲಿ ''ರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ತುಂಬಿರುವುದರಿಂದ'', ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇತರ ಬೀಜಗಳ ವಿದಲನವನ್ನುಂಟುಮಾಡದೆಯೇ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುವುದು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಭವನೀಯ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಮಾಗಮದಲ್ಲಿಯೂ ವಿದಲನ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಕೂಡದು. ಪ್ರತಿ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ಪದಾರ್ಥದ ತುಂಡಿನೊಳಗೆ ಇರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅದಕ್ಕೆ ಹಿಂದಿನ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿದ್ದುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೋ ಇದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆ ಏರ್ಪಡುವುದು ಖಂಡಿತ. ಈ ಷರತ್ತನ್ನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಹೀಗೆ ಹೇಳುವನು: ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗುಣಸಂಖ್ಯೆಯು - ಇದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಒಂದು ಬೀಜವನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಹಾಗೂ ಬೀಜವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು - ಏಕಾಂಕಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಕೂಡದು.

ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ ಶುದ್ಧ ಪರಮಾಣು ಇಂಧನಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಿರುವುದು. ಈ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಉತ್ಕಟ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ನಾವು ಧೈರ್ಯವಾಗಿ (ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಧೈರ್ಯವಾಗಿಯೇ ಎಂದು ಹೇಳೋಣ) ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಇಂಧನದ ಒಂದು ತುಂಡನ್ನು ನಮ್ಮ ಜೇಬಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರಬಹುದು. ಅಲ್ಲದೆ, ಅದು ಭಾರವಾಗಿಯೂ

ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇರುವುದು.

ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಅತಿಮುಖ್ಯ. ಈ ಪರಿಮಾಣದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಗಣನೆಗಳನ್ನು 1939ರಲ್ಲಿ ಜೀನ್ ಬಾಪ್ಟಿಸ್ಟ್ ಪೆರ್ರಾ (1870-1942) ಎಂಬಾತನ ಮಗ ಫ್ರಾನ್ಸಿಸ್ ಆರ್ರಿ ಪೆರ್ರಾ (1901-) ಎಂಬಾತನು ನೆರವೇರಿಸಿದನು. ಈ ಗಣನೆಯು ಇಂದಿಗೆ ಕೇವಲ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿರುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಆಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ, ಅದನ್ನು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ ಸರಪಳಿಕ್ರಿಯೆಯು ಉಂಟಾಗಲಾರದು ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಗೊತ್ತಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಿಷಯವು ಸ್ಫುಟಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲವೇನೂ ಹಿಡಿಯಲಿಲ್ಲ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಸರಪಳಿಕ್ರಿಯೆ ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲವೇಕೆಂದರೆ ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ "ಅನುರಣನ" ಗ್ರಹಣಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಅಂತರ್ಗತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಯುರೇನಿಯಂ-239 ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದ್ದು, ಇದು ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವ ಎರಡು ಬೀಟ (β) ವಿಘಟನೆಗಳ ಮೂಲಕ ನೆಪ್ಟ್ಯೂನಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂಗಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಇವುಗಳು ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇಂಧನಗಳಾಗುವುವು. 1940ರ ದಶಕದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದ ಸಂಗತಿಗಳು ಇವುಗಳೇ.

ಒಂದು ಗುಂಡಿಯನ್ನು ಅದುಮಿ ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳವೂ ಮತ್ತು ಒಂದುಗೂಡಿಸಿದಾಗ ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳವುಗಳೂ ಆದ ಎರಡು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇಂಧನದ ತುಂಡುಗಳು ಒಂದುಗೂಡುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಸಲಕರಣೆ ಒಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ಸ್ಫೋಟನೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಈ ಸರಳ ತತ್ವವೇ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ಕಾರ್ಯರೀತಿಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಯ ಗತಿಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಏನು ಮಾಡಬೇಕು? ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ಇಂಧನದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡಬಲ್ಲ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕು. ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಸರಳುಗಳು

ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ. ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಲೀನಕಾರಿ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಇಂಧನದ ಸರಳುಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಸರಳುಗಳು ಇವುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ರಚನೆಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿ ಸರಳುಗಳನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುವುದಕ್ಕೂ ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆಯುವುದಕ್ಕೂ ಆಗುವಂತೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮಾಡಿದರೆ (ಒಂದು ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಒಳ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇದು ಆಗುವುದು - ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಂಚಯ ಎಂದು ಮೊದಲು ಹೆಸರಿದ್ದಿತು), ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗುಣಕ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಏಕಾಂಕಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆ ಏರ್ಪಡುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು: ಆಮೇಲೆ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಗುಣಕಸಂಖ್ಯೆಯು ನಿಖರವಾಗಿ ಏಕಾಂಕಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಸರಳುಗಳನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಬಹುದು.

6. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಶಕ್ತಿ

ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳು

ಅಂತಿಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ, ಇಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲಾ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವುದು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದ ಅತ್ಯಂತ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಲಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಉರಿ ಇದೆ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಮ್ಮಿಲನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಆರಂಭವಾಗುವುದು ಇಲ್ಲಿಯೇ. ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನಿಯಂತ್ರಿತ ತಾಪ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಸಂಯೋಜನೆ ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಮನುಷ್ಯನು ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾನೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಅವು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಜಲಜನಕ ಬಾಂಬು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧಕರು ಈ ತಾಪಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹತೋಟಿಗೆ ತರಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವರು. ಇದೇ ಈ ಅಧ್ಯಾಯದ ವಿಷಯ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ, ನಾವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮೂರು ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪಾದಿಸಬಹುದು. ಮೊದಲಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು (ರಾಸಾಯನಿಕ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ) ಇಂಧನಗಳಿಂದ ತೆಗೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಅಣುಗಳ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಂಯೋಜನೆ ಅಥವಾ ವಿಘಟನೆ ಆಗುವ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆ ಒಂದನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ವ್ಯಾವಹಾರಿಕವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಇಂಧನಗಳ ಪೈಕಿ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು, ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅನಿಲ ಇವೆ. ವಿದಲನಕ್ಕಾಗಿ (ಕಣಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ) ಬೇಕಾಗುವ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಇಂಧನಗಳ ಪೈಕಿ ಯುರೇನಿಯಂ

ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂಗಳೂ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಸಂಯೋಜನೆಗೆ (ಕಣಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸುವುದಕ್ಕೆ) ಬೇಕಾಗುವ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಇಂಧನಗಳ ಪೈಕಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಹಗುರ ಮೂಲಧಾತು ಜಲಜನಕವೂ ಇವೆ.

ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಚಲನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ನದಿಗಳು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿ ಅದರಿಂದ ''ಕಾರ್ಯ'' ಮಾಡುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಜಲಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಶಕ್ತಿಯು (''ಬಿಳಿಯ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು'') ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮೂಲವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಚ್ಚಾದ ಎತ್ತರಗಳಿಂದ ಬೀಳುವ ನೀರು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುತ್ತದೆ; ಇದನ್ನು ಅಣೆಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಕಟ್ಟುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ನಯಾಗರ ಜಲಪಾತದಂತಹ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಜಲಪಾತಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಸಾಧಿಸ ಬಹುದು. ಹೀಗೆಯೇ, ಒಂದು ಗಾಳಿಯಂತ್ರದ ಫಲಕಗಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿ, ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಗಾಳಿಗೆ (''ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು'') ಶ್ರದ್ಧಾಯುಕ್ತವಾದ ಗಮನಕೊಡಬೇಕೆಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಗಾಳಿಯಂತ್ರ ಗಳು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಯಂತ್ರಕಲಾ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಉಜ್ಜೀವಿತವಾಗುತ್ತಿವೆ ಮತ್ತು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಅವು ಶಕ್ತಿ ಸಂಚಯನಕ್ಕೆ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಕೊಡುಗೆ ನೀಡುತ್ತವೆ. ಸಮುದ್ರದ ಉಬ್ಬರವಿಳಿತ ತರಂಗಗಳಂತಹ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲದ ವಿಚಾರವಾಗಿಯೂ ಇದನ್ನೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು ಶಕ್ತಿ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಮೂರನೆಯ ಪರಿಹಾರ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ತತ್ವಶಃ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಒಂದು ಯಂತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದು ಯಾವಾಗಲೂ ಸಾಧ್ಯ. ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯದಿಂದ ತಣ್ಣಗಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅನೇಕ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ: ಭೂಮಿಯ ಹೊರಪದರದಲ್ಲಿ, ಸಾಗರಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ. ಭೂಮಿಯ ಒಳಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತ ಹೋದರೆ (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಹೊರಪದರದೊಳಕ್ಕೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ತೋಡ ಬೇಕಾಗುವುದು) ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದು ಕಾಣಬರುವುದು.

ಪುನಃ ಹೇಳುತ್ತೇನೆ, ಈ ಎಲ್ಲಾ ಮೂರು ಸಾಧ್ಯತೆಗಳಿಗೂ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪುವ ಸೂರ್ಯನ ವಿಕಿರಣವೇ ಮೂಲ ಕಾರಣ. ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳು ವಿಕಿರಣ

ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಭೂಮಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವೂ ಕೂಡ ಎಷ್ಟು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳದ್ದೆಂದರೆ ಅದು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಪರ್ಯಂತ ನಮ್ಮ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಪೂರಯಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ವಿಸ್ಮಯಕರವಾದ ಉದ್ಯಮ ಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಸಾಕಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ಸೂರ್ಯನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೇರವಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಸಲಕರಣೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಕಲಿತಿದ್ದೇವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯಾವಹಾರಿಕವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಮಾರ್ಗವೆಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ.

ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ದ್ರವ್ಯದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ನೀರು, ಗಾಳಿ ಇವುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸದಂತೆಯೇ ನೇರವಾಗಿ ಬಳಸಬಹುದು. ಆದರೂ, ಬಹುಶಃ ಈ ಎಲ್ಲಾ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವಿಮಾನಗಳು ಮತ್ತು ಆಕಾಶಬಾಣಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು, ಶಕ್ತಿಜನಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿನ ಆದಿ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಮ್ಮ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ತೋರುವುದು. ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹನಗಳಿಗೆ ಈಗ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಭಾರವೂ, ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವೂ ಆದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಹಗುರವೂ, ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವುಗಳೂ ಆದವುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ನಾವು ಕಲಿತ ಕೂಡಲೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯು ಅಪಾರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಗಳ ವಾಸ್ತವಿಕ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಮೂಲ ಗಳನ್ನು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಂಗಡಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುವುದನ್ನು ಪುನಃ ವಾಚಕನ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರಲಿಚ್ಛಿಸುತ್ತೇನೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ಇಂಧನ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವ ಶಕ್ತಿ ಇವರೆಡರ ನಡುವೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಭಾಜಕ ರೇಖೆ ಇರುವುದು. ಮೊದಲನೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ಮತ್ತೆ ಭರ್ತಿಮಾಡಲಾಗದ ಭೂಮಿಯ ಸಂಪತ್ತನ್ನು ವ್ಯಯ ಮಾಡು ತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ, ಸೂರ್ಯ, ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ನೀರು ಇವು ನಾವು ಇವಕ್ಕಾಗಿ ಏನೂ ಸಲ್ಲಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲದಿರುವ ಮೂಲಗಳು. ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದ ರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಸಂಪತ್ತು ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ

ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ. ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳು ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ವಾಯು ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ, ಜಲವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳ ಕಾರ್ಯವು ನದಿಗಳಿಂದ ನೀರನ್ನು ಹೊರಗೆ ತೆಗೆಯುವುದಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಸೌರಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಉಪಕರಣಗಳು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಮೂಲ ಸಂಪತ್ತುಗಳಾವುದನ್ನೂ ಬಳಸಿ ಬರಿದು ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ವಿಂಗಡಿಕೆ ಇವೆ. ವಿಶಾಲ ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಅಂದರೆ ಭೂಮಿಯ ಪ್ರಾಣಿ ಮತ್ತು ಸಸ್ಯ ವರ್ಗಗಳನ್ನು - ರಕ್ಷಿಸಬೇಕು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಮಹತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆಯು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಉರಿಯುತ್ತಿರುವ ಇಂಧನವು ಕೆಟ್ಟದು ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಭೂಮಿಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಬರಿದು ಮಾಡುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ನೆಲ, ನೀರು ಮತ್ತು ಗಾಳಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಹಾನಿಕರವಾದ ವ್ಯರ್ಥ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಗಾಧ ಮೊತ್ತಗಳಿಂದ ಮಲಿನಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಜಲವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾವರಗಳು ಸಹ ಕೆಲವು ಕುಂದುಕೊರತೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ನದಿಗಳ ನೀರಿನ ವ್ಯವಸ್ಥಾ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಹವಾಮಾನದ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುವುವು ಮತ್ತು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿನ ಮೀನುಗಳ ಜೀವನ ಆವರ್ತ ಕ್ರಮವನ್ನು ತೊಡಕು ಗೊಳಿಸುವುವು.

ಸೂರ್ಯನ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದೇ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಮಾರ್ಗವೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ.

ಇವೆಲ್ಲಾ ತತ್ವಗಳು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಬಳಕೆಗಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ವಾಸ್ತವಿಕ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಈಗ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಆಕರ ಗ್ರಂಥಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಹಲವು ಅಂಕಿಅಂಶಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸೋಣ.

ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸೋಣ. ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಹೊರಗಣ ಎಲ್ಲೆಯ ಮೇಲಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಚದರ ಮೀಟರೂ ಸುಮಾರು 1.4 ಕಿ.ವಾ. ಅಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು (ಇದು ಒಂದು ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಕೋಟಿ ಕಿಲೋಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳ ಶಕ್ತಿ) ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ನೂರಾರು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ? ಭೂಮಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳಿಂದಾಗುವ ಪ್ರದೀಪ್ತಿಯ ಅಸಮತೆಯನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, 10^{14} ಕಿ.ವಾ. ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಇದು ಕಾರ್ಖಾನೆ

ಗಳು, ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳು, ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನಗಳ ಎಂಜಿನುಗಳು, ವಿಮಾನಗಳ ಎಂಜಿನುಗಳು ಇವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಸೇರಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿಮೂಲಗಳೂ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ 100,000 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಅಂದರೆ, ಇದು ಪ್ರಪಂಚದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಜನಾಂಗವು ಬಳಸುವ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ (ಸುಮಾರು ಒಂದು ಕೋಟಿ ಕಿಲೋ ವಾಟುಗಳು) 100,000 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿ.

ಈವರೆಗೂ, ಸೌರಶಕ್ತಿಯ ಬಳಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ. ಇದರಲ್ಲಿನ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ: ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅಂಕಿಅಂಶವು ಅಷ್ಟು ಅಗಾಧವಾಗಿದ್ದರೂ, ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ಸೇರಲಾಗದ ಪರ್ವತಗಳ ಇಳಿಜಾರುಗಳ ಮೇಲೆಯೂ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಬಹುಭಾಗವನ್ನು ಆವರಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಸಾಗರಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ಮತ್ತು ಮರುಭೂಮಿಯ ಮರಳಿನ ಮೇಲೆಯೂ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರದೇಶದ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯು ಬೀಳುವುದು. ಮೇಲ್ಮೈಯ ಅನೇಕ ಚದರ ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ಶಕ್ತಿ ಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದು ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯವಲ್ಲ ತಾನೆ. ಮತ್ತು ಕೊನೆಯದಾಗಿ ವರ್ಷವಲ್ಲಿ ತಪ್ಪದೆ ಬಿಸಿಲು ಕಾಯುವ ಅನೇಕ ದಿನಗಳು ಇರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು.

ಶಕ್ತಿಗಾಗಿ ಬೆಳ್ಳಿಯಕೆ ಮತ್ತು ಅರ್ಧವಾಹಕ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಪ್ರಚಂಡ ಪ್ರಗತಿಯಿಂದಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳ ಮನೋವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ತೀರ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಿದೆ. ಸಾವಿರಗಟ್ಟಲೆ (ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಕಾಲದ ನಂತರ ಲಕ್ಷಗಳು ಅಥವಾ ಕೋಟಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ) ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳ ಮೇಲೆ ಸೌರ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವ ಅನೇಕ ರಚನಾ ಮಾದರಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳೂ ಇವೆ. ಮೋಡ ಕವಿದ ದಿನಗಳೂ ಮತ್ತು ವಾಯುಮಂಡಲದಿಂದ ಕಿರಣಗಳ ಗ್ರಹಣವೂ ದೊಡ್ಡ ಅಡ್ಡಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯ ನೇರವಾದ ಬಳಕೆಗೆ ಗಣನೀಯ ಭವಿಷ್ಯ ಇದೆಯೆಂಬುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ.

ಗಾಳಿಯನ್ನೂ ಈಗ ಬೇರೆ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ಗಾಳಿಯು ಶಕ್ತಿಯ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಒಂದು ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವೆಂಬುದನ್ನು ತಳ್ಳಿಹಾಕಲಾಗಿತ್ತು. ಸೌರ ಶಕ್ತಿಗೆ ಇರುವ ದೋಷವೇ ಇದಕ್ಕೂ ಇರುವುದು. ಅಂದರೆ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನದ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತವು ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಆಗಿರುವುದು. ಕಾರ್ಖಾನೆಗಳಿಗಾಗಿ

ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ. ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗೆ ಅನುಪಯುಕ್ತವಾಗುವಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾದ ಫಲಕಗಳುಳ್ಳ ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳು ಬೇಕಾಗುವುದು.

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ದೋಷವೇನೆಂದರೆ, ಗಾಳಿಯ ವೇಗವು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ, ಗಾಳಿಯ ಶಕ್ತಿಯು, ಅಥವಾ ಕಪಿಯ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ "ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು" ಸಣ್ಣ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ (ಗಾಳಿ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ) ಮಿತಿಪಟ್ಟಿರುವುದು. ಗಾಳಿಯು ಬೀಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಈ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳು ವ್ಯವಸಾಯದ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಮನೆಗಳ ದೀಪ ಸರಬರಾಜಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವಷ್ಟು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿ ಇಡಬಹುದು, ಮತ್ತು ಗಾಳಿ ಇಲ್ಲದಾಗ ಅದು ಬಳಕೆಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯಂತ್ರದ ಪಾತ್ರ ಗೌಣ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಈಗ, ಶಕ್ತಿಯ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳು ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತರ್ಕಿಸುತ್ತಾರೆ. ದೊಡ್ಡ ಫಲಕಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಾವಿರಾರು "ಗಾಳಿಯಂತ್ರ"ಗಳನ್ನು ತಕ್ಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನೆ ಯಂತ್ರಗಳ ರಚನಾ ಮಾದರಿಗಳು ಸಿದ್ಧವಾದ ಯಂತ್ರಗಳಾಗಿ ಸದ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಡಲಿವೆ. ಮನುಷ್ಯನ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ, ಗಾಳಿಯ ಬಳಕೆಯೂ ಗಮನಾರ್ಹ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಖಂಡಿತ ವಾಗಿಯೂ ಸಹಾಯಕವಾಗುವುದು.

ವೆಚ್ಚವಿಲ್ಲದ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮೂಲವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನೀರು, ನೆಲವನ್ನು ಎಡಬಿಡದೆ ತೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಮುದ್ರದ ಉಬ್ಬರವಿಳಿತ ತರಂಗಗಳು ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರ ಗಳಿಗೂ ಸಾಗರಗಳಿಗೂ ಹರಿದು ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ನದಿಗಳ ನೀರು. 1969ರಲ್ಲಿ, ಜಲವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ 1,15,200 ಕೋಟಿ ಕಿಲೋವಾಟ್ ಘಂಟೆಗಳೂ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ 2,53,300 ಕೋಟಿ ಕಿಲೋವಾಟ್ ಘಂಟೆಗಳೂ ಆಗಿದ್ದಿತು; ಆದರೆ ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಜಲ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳ ಬಳಕೆಯು ಶೇಕಡ 10.5ರಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಆಗಿದೆ; ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಅದು ಶೇಕಡ 37ರಷ್ಟು ಆಗಿದೆ.

ಈ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳೇನೋ ಮನತಟ್ಟುವಂತಿವೆ, ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು, ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ, ಮತ್ತು ಇತರ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಗಳು ಇಲ್ಲದಾಗಿ, ಜಲವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಾವು ಬಳಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದರೆ - ಜಲವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಇರುವ ಯಂತ್ರಕಲಾ

ಸೌಲಭ್ಯಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೂ - ಇಂದಿನ ನಮ್ಮ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಭರ್ತಿ ಮಾಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಉಬ್ಬರವಿಳಿತ ತರಂಗಗಳಿಂದ ಎಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು? ಭಾರಿ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ; ಆದರೆ ಅದು, ನದಿಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಸುಮಾರು ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗ ದಷ್ಟಿರುವುದು. ಆದರೆ, ಈ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಉಬ್ಬರವಿಳಿತಗಳ ಸ್ಪಂದನ ಸ್ವಭಾವದಿಂದಾಗಿ, ಅನೇಕ ತೊಡಕುಗಳೇರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಫ್ರೆಂಚ್ ಮತ್ತು ಸೋವಿಯತ್ ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇವುಗಳನ್ನು ಪರಿಹಾರ ಮಾಡುವ ಹಲವು ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರು ವರು. ಇಂದು, ಉಬ್ಬರವಿಳಿತಗಳ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಕೇಂದ್ರಗಳು, ಬಳಕೆಯು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ ಖಾತ್ರಿಯಾದ ಉತ್ಪಾದನೆಯನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸುವುವು. ಫ್ರಾನ್ಸಿನಲ್ಲಿ ರಾನ್ಸ್ ನದಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಉಬ್ಬರವಿಳಿತ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ನೆಲೆಯನ್ನು ಕಟ್ಟಲಾಗಿದೆ. ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಮುರ್ಮಾನ್ಸ್ಕ್ ಹತ್ತಿರ ಇರುವ ಕಿಸ್ಲಯಾ ಗೂಬ ಎಂಬಲ್ಲಿ ಒಂದು ನೆಲೆ ಇದೆ. ಈ ಎರಡನೆಯ ನೆಲೆಯು ಬಿಳಿಯ ಸಮುದ್ರದ ಕೊಲ್ಲಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಟ್ಟಲ್ಪಡಲಿರುವ (ಈಗ ನಕ್ಷೆ ರಚನೆಯ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ) 1,000 ಕೋಟಿ ವಾಟ್‌ಗಳ ಉಬ್ಬರವಿಳಿತ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ನೆಲೆಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ನಮೂನೆ ಯಾಗಿದೆ.

ಸಾಗರದ ನೀರಿನ ಬಹಳ ಆಳಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಪದರಗಳಲ್ಲಿರು ವುದಕ್ಕಿಂತ 10° ರಿಂದ 20° ಗಳಷ್ಟು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದ, ಮಧ್ಯ ಅಕ್ಷಾಂಶ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮೇಲಿನ ಪದರವು ತಾಪಕವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಆಳದಲ್ಲಿರುವ ಪದರವು ಶೀತಕವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಒಂದು ಶಾಖಯಂತ್ರದ ತಯಾರಿಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಯಂತ್ರಗಳ ದಕ್ಷತೆಯು ಶೇಕಡ 1ರಿಂದ ಶೇಕಡ 2 ಇರಬಹುದು. ಇದೂ ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹರಡಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲ.

ಭೂತಾಪ ಶಕ್ತಿಯು ವೆಚ್ಚವಿಲ್ಲದ ಇನ್ನೊಂದು ಶಕ್ತಿ ಮೂಲ. ಅನೇಕ ಬಿಸಿನೀರು ಬುಗ್ಗೆಗಳಿರುವ ದೇಶಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅವು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿಲ್ಲ; ಮತ್ತು ಅವು ಇರುವ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ, ಬಿಸಿನೀರು ಬುಗ್ಗೆಗಳ ಶಾಖವನ್ನು ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಮರೆಯದೆ ಇರಬೇಕಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಭೂಮಿಯ ಯಾವ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಾಗಲಿ ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ಕೆಳಗೆ 150ರಿಂದ



ಚಿತ್ರ 6.1

200 ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್ ಅಷ್ಟರ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಭೂತಾಪ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ನೆಲೆಯ ಮೂಲತತ್ತ್ವವು ಸ್ಪಷ್ಟ: ಎರಡು ಕಾಲುವೆಗಳನ್ನು ತೋಡಿ. ಒಂದರೊಳಗೆ ತಣ್ಣನೆಯ ನೀರು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದರಿಂದ ಬಿಸಿಯಾದ ನೀರು ಹೊರಗೆ ಬರುತ್ತದೆ.

ಇಂಧನ

ಮೇಲೆ ವರ್ಣಿಸಲಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಗಳೆಲ್ಲ ಇಂಧನಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮವಾದುವು. ಇಂಧನವನ್ನು ಉರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು, ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಕಟ್ಟಿಗೆ ಇವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಸಂಪತ್ತನ್ನು ಪುನಃ ಶೇಖರಿಸಲಾಗದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಷ್ಟಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿರುವ ಇಂಧನದ ದಾಸ್ತಾನುಗಳು ಯಾವವು? ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಹೊತ್ತಿಸಿದಾಗ ಉರಿಯುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಇಂಧನಗಳ ಪೈಕಿ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು, ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅನಿಲಗಳು. ಇವುಗಳ ದಾಸ್ತಾನುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಮಿತವಾಗಿರುವುವು. ಈಗ ನಾವು ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂಅನ್ನು ಬಳಸಿ ವ್ಯಯಮಾಡುತ್ತಿರುವ ದರದಲ್ಲಿ, ಈಗಿನವರೆಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ದಾಸ್ತಾನೆಲ್ಲ ಮುಂದಿನ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯ ವೇಳೆಗೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬರಿದಾಗುವುದು, ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನ ದಾಸ್ತಾನು ಇದಕ್ಕಿಂತ

ಷ್ಟಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ, ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಕೋಟಿ (10^{13}) ಟನ್‌ಗಳು. ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನ ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಉರಿಸಿದರೆ 7000 ಕಿಲೋಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳ ಉಷ್ಣವು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. (ಇಂಧನದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಿವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಯೋಗ್ಯತೆಯೂ ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಅಳತೆಗಾಗಿ ಬಳಸುವ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಇಂಧನ; ಅದು ಬೇರೆಬೇರೆ ವಿಧದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಹೋಲಿಕೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ತಾಳೆನೋಡುವ ಇಂಧನದ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣ) ಹೀಗಾಗಿ, ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಒಟ್ಟು ಶೇಖರಣೆಯು ಸುಮಾರು 10^{20} ಕಿಲೋಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಾಗುವುದು. ಇದು ಪ್ರಪಂಚದ ವಾರ್ಷಿಕ ಶಕ್ತಿ ಬಳಕೆಗೆ ಸುಮಾರು ಸಾವಿರಸಲಗಳಷ್ಟಿರುವುದು.

ಈ ಸಾವಿರ ವರ್ಷದ ದಾಸ್ತಾನು ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚೇನು ಅಲ್ಲ. ಮನುಷ್ಯನ ಸರಾಸರಿ ಜೀವಮಾನದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವಿತ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಕಾಲಾವಧಿ ಮತ್ತು ಮಾನವ ನಾಗರಿಕತೆಯು ಇದ್ದಿರುವ ಕಾಲ ಇವುಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಜೀವಿತ ಕಾಲವು ಒಂದು ಕ್ಷಣಮಾತ್ರವಷ್ಟು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಬಳಕೆಯು ಜನಾಂಗದ ಪ್ರತಿ ವ್ಯಕ್ತಿಗೂ ಸತತವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ, ಇಂಧನದ ದಾಸ್ತಾನುಗಳು ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಇವು ಮಾತ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿ ದಾಸ್ತಾನು ಅಪಾಯಕಾರಿಯೆಂದೇ ಹೇಳಬೇಕಾಗುವುದು.

ಆದರೆ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಇಂಧನವನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ದೊರಕುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೇ ಮಿತಿಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕೆ? ಇಲ್ಲ ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ಅನಿಲ ಅಥವಾ ದ್ರವರೂಪದ ಇಂಧನವು ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅನಿಲಗಳಿಗಿಂತ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು.

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ, ಜಲಜನಕವನ್ನು ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇಂಧನವಾಗಿ ಬಳಸಲು, ಜಲಜನಕವು ಅನೇಕ ಒಳ್ಳೆಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಅದನ್ನು ಮಿತಿಯೇ ಇಲ್ಲದ ಮೊತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಅದು ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಯೂ ಸಿಕ್ಕುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಜಲಜನಕವನ್ನು ಬೇಡವಾದ ಕಲ್ಮಶಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಶುದ್ಧಪಡಿಸಬಹುದು. ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಉಷ್ಣಕ್ಕಾಗಿ ಜಲಜನಕವನ್ನು

ನೇರವಾಗಿ ಉರಿಸುವುದೇ ಶ್ರೇಷ್ಠವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಕಳೆಯಬಹುದು.

ಈಗ್ಗೆ, ಜಲಜನಕವನ್ನು ಪಡೆಯಲು, ಲಾಭಕರವಾದ ಮುಖ್ಯ ಮಾರ್ಗಗಳು ಮೂರಿವೆ: ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ, ತಾಪರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಘಟನೆ ಮತ್ತು ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಜಲಜನಕವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೇಲೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ನೀಲಾತೀತ ಕಿರಣಗಳು ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಮತ್ತು ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಇವುಗಳಿಂದ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಕೂಡ ಆರ್ಥಿಕವಾಗಿ ಲಾಭಕರವಾಗುವುದು. ಈ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅನಿಲದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಜಲಜನಕ ಬಳಕೆಯ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಕೊಳಾಯಿಗಳ ಮೂಲಕ ಸರಬರಾಜು ಮಾಡಬಹುದು.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಇಂಧನಗಳ ಈ ಸಂಕ್ಷೇಪ ಸಮೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳೋಣ: ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನದ ವಿಷಯವೇನು? ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನದ ದಾಸ್ತಾನುಗಳು ಯಾವುವು? ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ಮೊತ್ತಗಳೇ ಬಳಸಲ್ಪಡುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡಿ. ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನವು ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿಗಿಂತ 25 ಲಕ್ಷ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವುದು.

ಸರಿಸುಮಾರು ಅಂದಾಜುಗಳಿಗಿಂತ ತಿಳಿದು ಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಅಂತಸ್ಥ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನದ ದಾಸ್ತಾನುಗಳು (ಅಂತಸ್ಥ ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಏಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವೆವು ಎಂಬುದು ಮುಂದೆ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು) ಸುಮಾರು 20 ಲಕ್ಷ ಟನ್ ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು 40 ಲಕ್ಷ ಟನ್ ಥೋರಿಯಂ ಇರುವುವು. ಇವೇ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಬಳಸಲ್ಪಡುವ ಇಂಧನಗಳು. ಈ ಎರಡು ಮೂಲಧಾತುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಪದಾರ್ಥವು ಬಳಕೆಗೆ ಬರಬಹುದೇ? ಪ್ರಾಯಶಃ ಬರಬಹುದು. ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅಗಾಧವಾಗಿದೆ. ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೆಂದರೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಒಂದು ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿ ಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದೇ.

ಈಗ ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ಏನು ಮಾಡಲು ಶಕ್ತರಾಗಿರುವೆವು ಎಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲು

ವಿಚಾರ ಮಾಡೋಣ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿನ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವಂತೆ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಮತ್ತು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ದೊರೆಯುವ ಪದಾರ್ಥವು ಒಂದೇ ಒಂದು. ಅದು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಸಮಸ್ಥಾನಿ. ಭೂಮಿಯಿಂದ ತೋಡಿ ತೆಗೆಯಲಾಗುವ ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಶೇಕಡ 99.3 ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಮತ್ತು ಕೇವಲ ಶೇಕಡ 0.7 ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಇರುವುದು.

ಮೊದಲು ನೋಟಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಹೀಗೆಂದು ತೋರುವುದು: ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿರುವ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಆ ಪದಾರ್ಥದ ತುಂಡುಗಳನ್ನು (ಅಥವಾ ಸರಳುಗಳನ್ನು) ಒಳಗೊಂಡ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದು, ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಒಳಭಾಗಕ್ಕೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡುವ ನಿಯಂತ್ರಕ ಸರಳುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದು.

ಮೊದಲಿಗೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು ಅವುಗಳು ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಕುಂದುತ್ತದೆ; ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನದ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಿಂದ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿಯೂ ಕಡಿಮೆ ಮೊತ್ತಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗವನ್ನು ತಾಪೀಯ ವೇಗಗಳ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ನಿಧಾನಗೊಳಿಸಿದರೆ ಮತ್ತು ಬೀಜದ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ "ಶೀಘ್ರ" ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು "ಮಂದ" ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೆ, ಅದು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಇದು ಏಕೆಂದರೆ, ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಮಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡುವುದು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಭವನೀಯ.

(ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮುಂದುವರಿಯದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು) ಎಲ್ಲಾ ರಚನಾಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮಂದಕಾರಿ ವಸ್ತುವು ಭಾರ ನೀರು ಅಥವಾ ಸಾಧಾರಣ ನೀರು ಆಗಿರುವುದು. ಭಾರ ನೀರು ಶ್ರೇಷ್ಠ, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡುವುದೇ ಇಲ್ಲ, ಆದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ನಿಧಾನಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅದು ಸಾಧಾರಣ ನೀರಿನಷ್ಟು ದಕ್ಷವಲ್ಲ.

ಹೀಗಾಗಿ ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ತೆಗೆಯುವುದೇ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮವಾದ ಮತ್ತು ಸರಳವಾದ ಮಾರ್ಗ. ಆದರೆ, ಅದು ಬಹಳ ದುಬಾರಿ

ವೆಚ್ಚದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವೆಂಬುದು ನಿಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳು ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕ: ಏಕೆಂದರೆ ಇವು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಲ್ಲವೇ.

ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ, ಸೆಂಟ್ರಿಫ್ಯೂಜ್ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವೇ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಲಾಭಕರವಾದ ಮಾರ್ಗ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಯುರೇನಿಯಂ ಒಂದು ಅನಿಲ ರೂಪದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕು. ಸಾಧಾರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಇಂತಹ ಏಕಮಾತ್ರ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವು ಯುರೇನಿಯಂ ಹೆಕ್ಸಾಫ್ಲೋರೈಡ್ ಎಂಬುದು. ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಇವುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನೊಳ ಗೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೆಂದರೆ, ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠವಾದ ಸೆಂಟ್ರಿಫ್ಯೂಜ್ ಕೂಡ ಹಗುರ ಅಣುಗಳಿರುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಶೇಕಡ 12ರಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸುವುದು. ಶೇಕಡ 3ರಷ್ಟು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಇರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಪಡೆಯಲು (ಇಂತಹ ಇಂಧನವನ್ನು ಆಗ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾ ಕಾರಿಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಬಹುದು) ಮೇಲಿನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು 13 ಸಲ ಪುನರಾವರ್ತನ ಮಾಡಬೇಕಾಗುವುದು. ಶುದ್ಧ ಯುರೇನಿಯಂ-235ಅನ್ನು ಗಳಿಸುವುದು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ಮಾರ್ಗವಲ್ಲ.

ಅಲ್ಲದೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಾಯಶಃ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಮುಖ್ಯವಾದ ಕಾರಣವಿರುವುದು. ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಇಲ್ಲದೆ ಯುರೇನಿಯಂನ (ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂನದೂ) ಮೂಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣ ಕ್ಕಾಗಿಯೇ ನಾವು ಅಂತಸ್ಥ ಇಂಧನ ಎಂಬುದಾಗಿ ಹೇಳಿದೆವು. ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ವಿಷಯವಾದರೋ, ಅದು ಸುಮಾರು ನೂರು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಶಕ್ತಿ ಕ್ಷಾಮವೇರ್ಪಡದಂತೆ ತಡೆಯಬಲ್ಲುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳವರೆಗೆ ನಾವು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನವನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನವನ್ನು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಬಹುದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಯುರೇನಿಯಂ-238 ರಿಂದ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ-239 ತಯಾರಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಥೋರಿಯಂ-232 ರಿಂದ ಯುರೇನಿಯಂ-233 ತಯಾರಿಸುವುದು. ಆದರೆ ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಇಲ್ಲದೆ ಉಪಕ್ರಮಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಹೊಸ ಇಂಧನವನ್ನೂ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವ ಬೀಜ

ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳಿಗೆ "ಬ್ರೀಡರ್ ರಿಯಾಕ್ಟರ್" ಎಂದು ಹೆಸರು ("ಇಂಧನ ಉತ್ಪಾದಕ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು"). ಅವು ಇಂಧನಗಳನ್ನು ವ್ಯಯಮಾಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಹೊಸ ಇಂಧನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವಂತೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮಾಡಬಹುದು; ಅಂದರೆ ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಏಕಾಂಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಈಗ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಹೇಳೋಣ: ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂ ಇವುಗಳ ದಾಸ್ತಾನುಗಳನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಶಕ್ಯವಾದ ಮಾರ್ಗಗಳು ಉಪಲಬ್ಧವಾಗಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಅತ್ಯಂತ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿದ ಅಂದಾಜುಗಳ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಕೂಡ ಸಾವಿರಾರು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಇಂಧನವಿರುವುದು.

ಹಾಗಾದರೂ, ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂಗಳನ್ನು ಇಂಧನಗಳ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಮಾನವಕುಲದ ಶಕ್ತಿ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಆಮೂಲಾಗ್ರವಾಗಿ ಪರಿಹರಿಸಿ ದಂತಾಗುವುದಿಲ್ಲ; ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಖನಿಜ ಸಂಪತ್ತಿನ ದಾಸ್ತಾನಿಗೂ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇರುವುದಲ್ಲವೇ.

ಈಗ ತಾಪ-ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳ ವಿಚಾರವೇ ಬೇರೆ. ಹಗುರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸ್ವಯಂ-ಪೋಷಕ ತಾಪಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರೆ ಆಗ ಶಕ್ತಿ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಿರುವೆ ವೆಂದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಹೇಳಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪರಿಹಾರ ವಿಧಾನವು ಎಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವುದು? ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ತಾನೇ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸುಮಾರು ಆರು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಜಲಜನಕ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿರುವರು. ತಾಪ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೆಂದರೆ ಇಂತಹ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸ್ವಯಂಪೋಷಕವಾಗಿ ಮಾಡಿ ಒಂದು ಸಂಯೋಜನೆ (ಅಥವಾ ತಾಪಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ) ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯನ್ನು ರಚಿಸುವುದು. ಈಗ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿ ಉಳಿದಿರುವುದು ಇದೇ.

ಸಾಗರಗಳ ನೀರುಗಳಲ್ಲಿ, ಎಷ್ಟು ತಾಪಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಶಕ್ತಿಯಿರುವುದೆಂದರೆ, ಅದು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಜೀವಮಾನ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕಾಲಾವಧಿಯ ಪರ್ಯಂತ ಮಾನವ ಕುಲದ ಶಕ್ತಿ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಬಲ್ಲುದು - ಇದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ಮಿತಿಯೇ ಇಲ್ಲದ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲ.

ಇದರೊಡನೆ ಇಂಧನದ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಮಾತನ್ನು ಮುಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈಗ ಇಂಧನವು ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಸುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರಗಳು

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದೆ, ಶಕ್ತಿಯ ನೇರವಾದ ಬಳಕೆಯ ಅನೇಕ ಉದಾಹರಣೆಗಳಿವೆ. ಅಡಿಗೆಮನೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲವನ್ನು ಉರಿಸುವುದು, ಆಕಾಶಬಾಣ ವನ್ನು ಹಾರಿಸುವುದು (ಇಲ್ಲಿ ದಹನದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಹಿಂದೊದೆತವು ಆಕಾಶಬಾಣವನ್ನು ಆಕಾಶದೊಳಕ್ಕೆ ದೂಡುತ್ತದೆ) ಮತ್ತು ಈಗಲೂ ಆಗಾಗ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಪುರಾತನ ಆವಿಯಂತ್ರಗಳು ಕೂಡ ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಗಾಳಿಯನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಗುವುದು.

ಆದರೆ, ಬಹುತೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅವಶ್ಯಕ - ದೀಪಗಳಿಗಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವುದಕ್ಕೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹನಗಳ ಚಲನೆಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಬೆಸುಗೆ ಗಳು, ಮತ್ತು ಕಾಯಿಸುವ ಕುಲುಮೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಇತರ ಅನೇಕ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗಾಗಿ. ಹೇಗೇ ಆಗಲಿ, ಇಂದು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಹಳ ದೂರಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಮೂಲಕವಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಯಾವ ಮಾರ್ಗವೂ ತೋರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರವು ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ನಾಯಕ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಅತಿಶಯೋಕ್ತಿಯಾಗಲಾರದು.

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆಮಾಡುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಯಂತ್ರಗಳ ಸುತ್ತುವ ಭಾಗಗಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಕೈಗಾರಿಕಾ ವಿಧಾನಗಳು ಈಗಲೂ ಇವೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವು ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ನೆರವೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅದನ್ನು ನಾವು **ಜಲವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಂತ್ರ**ಗಳೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ; ಸುತ್ತಿಸುವ ಬಲವು ಟರ್ಬೈನಿನ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಆವಿಯ ಒತ್ತಡವಾದರೆ, ಅದನ್ನು **ತಾಪೀಯ *ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು*** ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ತಾಪೀಯ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ***ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರಗಳೂ*** ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅವು ಸಾಧಾರಣ ತಾಪೀಯ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ: ಅವುಗಳು ಬೇರೆ ವಿಧದ ಇಂಧನವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ.

ಆದರೂ ಎರಡು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಆವಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಇಂದಿನ ಪಟ್ಟಣವಾಸಿಗೆ ಕೇಂದ್ರೀಯ ಶಾಖ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರ ಎಂಬ ಪದದ ಪರಿಚಯವಿರುವುದು. ಈ ಯಂತ್ರಗಳು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಜೊತೆಗೆ, ಆವಿ ಮತ್ತು ಬಿಸಿ ನೀರನ್ನು ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುವುವು.

ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳಿಂದ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಪುರಾತನ ನೀರಿನ ಬೀಸುಯಂತ್ರದ ನೀರು ಚಕ್ರವು ಆಧುನಿಕ ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನಿನ ಮಾತೃಕೆ. ನೀರಿನ ಪ್ರವಾಹವು ಚಕ್ರದ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಬಡಿದು, ತನ್ನ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತದೆ. ಫಲಕವು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಚಕ್ರವು ತಿರುಗುತ್ತದೆ.

ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ದಕ್ಷತೆ ದೊರಕುವಂತೆ ಚಕ್ರದ ಫಲಕಗಳನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸುವುದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಈ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ನೀರು ಬೀಳುವ ರೀತಿ ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವೀಣರು ಪರಿಹರಿಸಿರುವರು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ನೀರು ಬೀಳುವ ಎತ್ತರವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ (300 ಮೀಟರುಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ತಲುಪಲಾಗಿದೆ) ಟರ್ಬೈನಿನ ಕಾರ್ಯವೂ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದು. ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಇತ್ತೀಚಿನವುಗಳೆಂದರೆ 500 000 ಕಿಲೊವಾಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳು. ಈ ಪರಿಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಕಡಿಮೆಯಾದ ಭ್ರಮಣ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ (ಸುಮಾರು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 100ರಷ್ಟು) ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವುದರಿಂದ, ಈ ಹೊಸ ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ, ತೂಕದಲ್ಲಿಯೂ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿವೆ.

ಆವರ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳನ್ನು ಅಕ್ಷೀಯ ಪ್ರವಾಹ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ತ್ರಿಜ್ಯ-ಅಕ್ಷೀಯ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳು ಎಂದು ವಿಂಗಡಿಸುವರು. ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ 508 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನ ಮತ್ತು 7.5 ಮೀಟರ್ ಆವರ್ತಕಗಳೂ ಉಳ್ಳ ತ್ರಿಜ್ಯ-ಅಕ್ಷೀಯ ಪಂಗಡದ ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳಿವೆ.

ದ್ರವವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ಅತಿಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಕ್ಕೆ ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಖರ್ಚು ತಗುಲುವುದು ಮತ್ತು ನಿರ್ಮಾಣ ಕಾಲಾವಧಿಯೂ ಹೆಚ್ಚು. ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳು ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕಗಳನ್ನು

ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುವು. ಇವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಊರ್ಧ್ವದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಆವರ್ತ ದಂಡ ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಸಮಕಾಲಿಕ ಯಂತ್ರಗಳು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕದ ವ್ಯಾಸವು ಉದ್ದಕ್ಕಿಂತ 7 ರಿಂದ 10ರಷ್ಟು ಸಲಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ 15 ಮೀಟರುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಭ್ರಮಣಗೊಳಿಸುವ ದ್ರವಚಾಲಿತ ಟರ್ಬೈನಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಯಂತ್ರವು ಸ್ಥಾಯೀ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡಲು ಇದು ಅವಶ್ಯಕ. ಒಂದು ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರದ ಆವರ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೊರಮುಖವಾಗಿರುವ ಧ್ರುವಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆ ಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದ್ನೀಪರ್ ದ್ರವವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ 72 ಧ್ರುವಗಳಿವೆ. ಈ ಧ್ರುವಗಳ ಸುರಳಿ ತಂತಿಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ (ಉತ್ತೇಜಕ ಎಂಬ) ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಉತ್ಪಾದಕವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ವೇಗಗಳ ಲ್ಲಿಯೇ - ಪ್ರತಿ ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 80 ರಿಂದ 250ರ ವರೆಗಿನ ಸುತ್ತುಗಳು - ಕಾರ್ಯಮಾಡುವುವು.

ಕ್ರಾಸ್ನೊಯಾರ್ಸ್ಕ್ ಶಕ್ತಿ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರವು (500 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳು) ಒಂದು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 93.8 ಭ್ರಮಣಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡು ವುದು, ಇದರಲ್ಲಿ 16 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸದ ಒಂದು ಆವರ್ತಕ ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಅದರ ತೂಕ 1640 ಟನ್‌ಗಳು. ಸಯಾನೊಷುಷೆನ್‌ಸ್ಕಿ ದ್ರವವಿದ್ಯುತ್ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ 650 ಮೆಗಾವಾಟ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರ ಒಂದರ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ನಾನು ಆಗಲೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ದ್ರವವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಪರಿಸರದ ಮೇಲೆ ಹಲವು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಕೂಲ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಹಾಗಿದ್ದಾಗ್ಯೂ, ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅನುಕೂಲತೆ ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಮೊದಲಿಗೆ, ದ್ರವಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರಗಳು ಇಂಧನವನ್ನು ವ್ಯಯಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಮತ್ತು ಇಂಧನದ ಶೇಖರಣೆ ಗಳು ಮಿತಿಪಟ್ಟವು ಎಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ದೊಡ್ಡ ದೋಷವಿರುವುದು. ಇಂಧನದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸು ವುದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಗಮನಾರ್ಹ ಭಾಗವು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ನಷ್ಟ ಹೊಂದುವುದು.

ಹೀಗಾದರೂ, ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಸುಮಾರು ಐದರಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಭಾಗಗಳಷ್ಟು

ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಆವಿಯ ಒತ್ತಡವೇ ಚಾಲಕ ಬಲವಾಗಿರುವ ಸಿಗ್ರಾಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ.

ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದರೆ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಇದನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಒತ್ತಡವನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುವುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. 200 ರಿಂದ 300 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ಆಧುನಿಕ ತಾಪೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಟರ್ಬೈನ್‌ಗಳು 565°C ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ಚದರ ಮೀಟರಿಗೆ 24 ಮೆಗಾನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳ ಆವಿ ಪ್ರಸಕ್ತಾಂಕಗಳ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವುವು.

ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಏಕೆ ಬೇಕಾಗುವುವು? ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಚಹಾ ಕುದಿಸುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಮುಚ್ಚಳವು ನೀರು ಕುದಿಯಲು ಆರಂಭಿಸಿದಾಗ ನೆಗೆಯುವಂತೆ ಯಾವುದು ಮಾಡುತ್ತದೆಯೋ ಆ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನೇ ಆವಿ ಟರ್ಬೈನ್ ಕೂಡ ಬಳಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಆವಿ ಟರ್ಬೈನಿನಲ್ಲಿ ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿಯು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಿ ಆಮೇಲೆ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಭಾಗದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾಗುವುದು (ಇದನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು).

ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರತರಲಿಕ್ಕಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ''ತಾಪೀಯ ಘಟ್ಟ''ದ ಮೂಲಕ ಹೋಗಬೇಕಾಗಿರುವುದು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯು ತುಂಬ ಅತೃಪ್ತಿಕರ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟ ಇದ್ದೇ ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಯಾವ ಮೂಲದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಶಕ್ತಿಯಾಗಲಿ ಅದನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಯಂತ್ರವೇ ಭವಿಷ್ಯದ ಆದರ್ಶ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರ. ಈ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಇನ್ನೂ ಪರಿಹಾರವಾಗದೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಉಳಿದಿರುವುದು ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗ: ಆವಿ, ಅನಿಲ ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಆದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವುದು.

ಇದು ಅಷ್ಟು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗಿದ್ದರೂ, ತಾಪೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಶೇಕಡ 40ರಷ್ಟು ದಕ್ಷತೆ ಗಳಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆವಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರವು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಚಾಲಿತ ದಂಡವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರ. ದಂಡದ ಕೊನೆಗಳೂ ಮತ್ತು ಆವರ್ತಕವೂ ವಿಶಿಷ್ಟ ಟರ್ಬೋರೋಟರ್

ಉಕ್ಕಿನಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಯಿಸಿ ಆಕಾರ ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದೇ ಒಂದು ತುಂಡಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿರುವುದು ಏಕೆಂದರೆ, ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 3000 ಭ್ರಮಣಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗಗಳಿಂದಾಗುವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಪ್ರತಿಬಲಗಳು ಆಧುನಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮಿತಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಆವರ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೊರಮುಖವಾದ ಧ್ರುವಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅದರ ಉರುಳೆಯಾಕಾರದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಕಂಡಿಗಳಿವೆ (ಉತ್ತೇಜಕ). ಕ್ಷೇತ್ರದ ತಂತಿಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸ್ಥಿರದಂಡದ ಕಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಮೂರು ಕಲಾಗಳ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ತಂತಿಸುರುಳಿಯನ್ನು ಸೇರಿಸಿದೆ.

ಯಾಂತ್ರಿಕ ಪ್ರತಿಬಲಗಳ ಅಗಾಧ ಪರಿಮಾಣದಿಂದಾಗಿ, ಆವರ್ತಕ ವ್ಯಾಸವು ಮಿತಿಯಾಗಿರಬೇಕು, ಇದರಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಲಂಬಿಸಬೇಕು.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಸೋವಿಯತ್ 500-ಕಿಲೋವಾಟ್ ಟರ್ಬೋಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರವನ್ನು ಲೆನಿನ್‌ಗ್ರಾಡಿನ "ಎಲೆಕ್ಟ್ರೊಸಿಲಾ" ಕಾರ್ಖಾನೆಯಲ್ಲಿ 1925ರಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಲಾಯ್ತು. 1964ರಲ್ಲಿ "ಎಲೆಕ್ಟ್ರೊಸಿಲಾ" ಕಾರ್ಖಾನೆಯು ಮೊದಲನೆಯ ಯಂತ್ರಕ್ಕಿಂತ 1000 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ - 500 000 ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳ - ಟರ್ಬೋಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿತು.

ಒಂದೇ ಯಂತ್ರದಿಂದ, ಆಗಲೇ ಅಗಾಧವಾಗಿರುವ ಅದರ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸದೆ, ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬೇಕೆಂಬ ಆಕಾಂಕ್ಷೆಯು ಅತಿ ತೊಡಕಾದ ರಚನಾ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಪರ್ಯವಸಾನವಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸ್ಥಿರ ದಂಡದ ತಂತಿಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ನಷ್ಟಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು, ಒಳಗೆ ಸತತವಾಗಿ ನೀರು ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ಟೊಳ್ಳು ತಾಮ್ರದ ವಾಹಕಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಉತ್ತೇಜಕ ತಂತಿ ಸುರುಳಿಯನ್ನು 4 ವಾಯುಮಂಡಲಗಳ ಒತ್ತಡದ ಜಲಜನಕದಿಂದ ತಂಪುಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು. ವಾಯುವಿಗಿಂತ 14 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಜಲಜನಕದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಟರ್ಬೋಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಶೇಕಡ 15ರಿಂದ ಶೇಕಡ 20ರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು..

1976-1980ರ ಪಂಚವಾರ್ಷಿಕ ಯೋಜನೆಯಂತೆ 1000 ಮತ್ತು 1200 ಸಾವಿರ ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳ ತಾಪೀಯ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಿಗಾಗಿ ಟರ್ಬೋ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯು ನಿಗದಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರವನ್ನು ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದಕ್ಕೆ U-25 ಎಂದು ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಜು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ 7000 ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಕಾಂತ ದ್ರವ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಧಾನದಿಂದ (ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ MHD ಎಂದು ಹೇಳುವರು) ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಪ್ರಪಂಚದ ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ಯಂತ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆ. MHD ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಭಾಗಗಳು ಯಾವುವೂ ಇಲ್ಲ.

ಈ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಶಕ್ತಿಜನಕದ ಕಾರ್ಯರೀತಿಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದುದು. ಹೆಚ್ಚು ಚಲನಶಕ್ತಿ ಇರುವ ಅಯಾನುಗಳ ಒಂದು ಅಭಿವಾಹವು (ಅಂದರೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಒಂದು ಧಾರೆ) ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಬಲರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಹಾದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅಯಾನ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗ ವಾಗುವುದು. ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯು ಅಯಾನು ಅಭಿವಾಹದ ದರಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತಿಯಾಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಅಯಾನುಗಳ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು. ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಮುಗಿಯುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ಧ್ರುವಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಜೊತೆಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿರುವುವು.

ಪ್ಲಾಸ್ಮಧಾರೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು. MHD-ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರದಿಂದ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರದ ದಕ್ಷತೆಯು ಶೇಕಡ 60ರಷ್ಟು ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ.

MHD ವಿಧಾನದಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಯ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಲುವೆಯಲ್ಲಿನ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ಉತ್ಕಟ ಅಂಶ. ಇದು ಬಹಳ ತೀವ್ರವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿರಬೇಕು. ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಸುರುಳಿ ಇರುವ ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತವು ಇಂತಹ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲುದು ಆದರೆ ಕಾಂತವು ವಿಪರೀತ ದೊಡ್ಡದೂ, ತೊಡಕಾದ ರಚನೆಯುಳ್ಳದ್ದೂ ಮತ್ತೂ ದುಬಾರಿ ಬೆಲೆ ಹಿಡಿಯುವುದೂ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಅದು ತಾನೇ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಈ ನಿರ್ಮಾತೃಗಳು ಅತಿವಾಹಕ ತಂತಿ ಸುತ್ತಿನ ಕಾಂತಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು

ಪ್ರಸ್ತುತಗೊಳಿಸಿರುವರು. ಈ ವಿಧದ ಕಾಂತವು ಅಪೇಕ್ಷಿತ ತೀವ್ರತೆಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ಬಳಕೆಯಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾದ ಕಾರ್ಪೇಟಕೆ ಇರು ವಂತೆಯೂ ಉತ್ಪಾದನೆ ಬಲ್ಲುದು. ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಅತಿಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ವೆಚ್ಚಗಳು ಸಾರ್ಥಕವಾಗಿರುವುವೆಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು.

ಈ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ, ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಮಾರ್ಗಗಳು ಇನ್ನೂ ಮುಗಿದಿಲ್ಲವೆಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಆದರೂ ಈ ಮಾರ್ಗವಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚು ಮುನ್ನಡೆ ಏರ್ಪಡುವುದೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಇಂಧನಗಳ ದಾಸ್ತಾನುಗಳೂ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ದ್ರವಮೂಲಗಳ ಬಳಕೆಯ ಅವಕಾಶ ಗಳೂ ಕೊನೆಮುಟ್ಟುತ್ತಿರುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಹೊಸ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ರಚನೆಯಿಂದ ಪರಿಸರದ ಮೇಲೆ ಆಗುವ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷೆ ಮಾಡಕೂಡದು. ನದಿಗಳ ಜೀವನ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳು ವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಮುಂದುವರೆಯಬೇಕೆಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತಾರೆ. ಇಂಧನದ ದಹನದಿಂದ ಅಗಾಧ ಮೊತ್ತಗಳ ಬೂದಿಯು ವಾಯುಮಂಡಲದೊಳಕ್ಕೆ ಎಸೆಯಲ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಶಕ್ತಿ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲಕ್ಕೆ 15 ಕೋಟಿ ಟನ್‌ಗಳ ಬೂದಿ ಮತ್ತು ಸುಮಾರು 10 ಕೋಟಿ ಟನ್‌ಗಳ ಗಂಧಕ ಸೇರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಳವಳಕರವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ಕಾರ್ಬನ್‌ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್‌ನ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ. ಪ್ರತಿ ವರ್ಷ 2 ಸಾವಿರ ಕೋಟಿ ಟನ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಾಯುಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸೇರುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಕಳೆದ 100 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ಕಾರ್ಬನ್‌ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್‌ನ ಮೊತ್ತ ಶೇಕಡ 14ರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ.

ಈ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಗೆ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿವೆ: ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಸಸ್ಯವರ್ಗದ ನಾಶ ಮತ್ತು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸಾಧಾರಣ ಇಂಧನದ ದಹನದಲ್ಲಿ ಈ ''ಅನಿಲ ರೂಪದ ಬೂದಿ''ಯನ್ನು ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವುದು. ಈ ನಿರಂತರ ಹೆಚ್ಚಿಕೆ ಯಿಂದ ವಿನಾಶಕಾರಕ ಪರಿಣಾಮಗಳುಂಟಾಗುವುವು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೀನ ವಾದುದು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 1.5 ರಿಂದ 3 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಇದು ಸಣ್ಣ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯೆಂದು ಕಾಣಬಹುದು, ಆದರೆ ಅದು ಧ್ರುವಗಳಲ್ಲಿನ ನೀರ್ಗಲ್ಲು

ತೊಡಿಕೆಯು ಪುನಃ ಗಟ್ಟಿಯಾಗದಂತೆ ಕರಗುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುವುದು. ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್‌ನ ಅಂಗೀಕಾರಾರ್ಹವಾದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯು ಹಲವು ಹತ್ತು ಪ್ರತಿಶತಗಳಿಗೆ ಮೀರಿರಕೂಡದೆಂದು ವಾಯುಗುಣಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು

ನಾವು ಆಗಲೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ ಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ತಾಪೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದವು. ಟರ್ಬೈನಿನ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀಳಿಸಲಾಗುವ ಆವಿಯ ಉತ್ಪನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಸಾದೃಶ್ಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕುಪಿಶಾತ್ರ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಒಂದು ಉರುಳೆಯಾಕಾರದ ಕಟ್ಟಡದ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಗೋಡೆಗಳು ಬಹಳ ದಪ್ಪನಾಗಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ಗ್ಯಾಮಾ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ಗ್ರಹಣಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಬೇಕು. 1000 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟರ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು ಬಳಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇಂಧನ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮಂದಗೊಳಿಸುವ ವಿಧಾನ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆಯುವ ರೀತಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರ ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವುವು. ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಗಾತ್ರವು ಮನದಟ್ಟುವಂತಿರುವುದು. 5ರಿಂದ 10 ಮಹಡಿಗಳ ಕಟ್ಟಡದ ಎತ್ತರ ಮತ್ತು ಹತ್ತಾರು ಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪವು ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧವಾದ ಕೂಡಲೇ ಬೆಳೆಯಲು ಆರಂಭವಾಯ್ತು. ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಇಗೋರ್ ವಿ. ಕುರ್ಚಟೋವ್ ಎಂಬಾತನ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಈತ ಒಬ್ಬ ಅದ್ಭುತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಶ್ರೇಷ್ಠ ವ್ಯವಸ್ಥಾಪಕ.

ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟ ಮತ್ತು ಇತರ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಹಲವು ರಚನಾಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಯ್ತು. ಬಳಸಲಾದ ಯುರೇನಿಯಂ ಅಥವಾ ಇತರ ಪರಮಾಣು ಇಂಧನದ ಸಮಸ್ಥಾನೀಯ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು ಮೊದಲನೆಯ ಅಡಚಣೆ. ಆಮೇಲೆ ಇಂಧನವನ್ನು ನೀಡಬೇಕಾದ ರೂಪ, ಯುರೇನಿಯಂ ಲವಣಗಳ ದ್ರಾವಣದ ರೂಪ



ಇಗೋರ್ ವ್ಯಾಸಿಲೀವಿಚ್ ಕುರ್ಚಟೋವ್ (1902-1960) ಪ್ರಧಾನ ಸೋವಿಯತ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಅಸಾಧಾರಣ ದಕ್ಷತೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥಾಪಕ. ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಯೋಜನೆಯ ನೇತಾರನಾಗಿದ್ದನು. ಆತನು ತನ್ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನಾ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಘನಸ್ಥಿತಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಆರಂಭಿಸಿ ಸೀಗ್ನೆಟ್-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ಸ್‌ನ (ಇದಕ್ಕೆ ಲೋಹ ವೈದ್ಯುತತ್ವ ಎಂದೂ ಹೆಸರು) ತತ್ವ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದನು. 1930ರ ದಶಕದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಆತನು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ →

ದಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿ ತುಂಡುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೋ ಎಂಬ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪಿಯು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಗಟ್ಟಿ ಇಂಧನದ ತುಂಡುಗಳು ವಿವಿಧ ಆಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಉದ್ದವಾದ ಸರಳುಗಳು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಇಂಧನದ ಅಂಗಭಾಗಗಳ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು (ಅವುಗಳನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿರುವ ಸ್ಥಾನಗಳು) ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ನಿಯಂತ್ರಕ ಸಲಾಕೆಗಳಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಗಣನೆಗಳು ಅವಶ್ಯಕ. ಅವುಗಳ ಚಲನೆಗಳು (ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಎಲ್ಲಾ ಸ್ವಯಂಚಲಿ) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗುಣಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಬೇಕು.

ಮಂದಗತಿಯ (ತಾಪೀಯ) ಮತ್ತು ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಬೀಜಕಾರಿಗಳನ್ನು ಎರಡು ಪಂಗಡಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು; ಅವಾಗಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮಂದಕಾರಕವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಬೀಜಕಾರಿಗಳು ಮತ್ತು ಬ್ರೀಡರ್ ರಿಯಾಕ್ಟರುಗಳು (ವರ್ಧಕ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು).

ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಮಂದಗೊಳಿಸುವ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಯುರೇನಿಯಂಅನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವಿನ ಮೊತ್ತವು ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಬೀಜದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಲ್ಪಡದಿರುವಷ್ಟು ಇರಬೇಕು. ಈ ಬೀಜಗಳು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಬೀಜಗಳಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು 140 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವುವು. ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವು ಸಾಕಷ್ಟಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗಗಳು ತಾಪೀಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅವು ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಬೀಜಗಳಿಂದ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಿಂತುಹೋಗುವುದು. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಯುರೇನಿಯಂನಿಂದಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಯುರೇನಿಯಂ-235

→ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದನು. ಈತನ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸಮಾವಯವತ್ವ (ಐಸೊಮರಿಸಮ್) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅನುರಣನ ಗ್ರಹಣ ಮತ್ತು ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಲಾಯ್ತು.

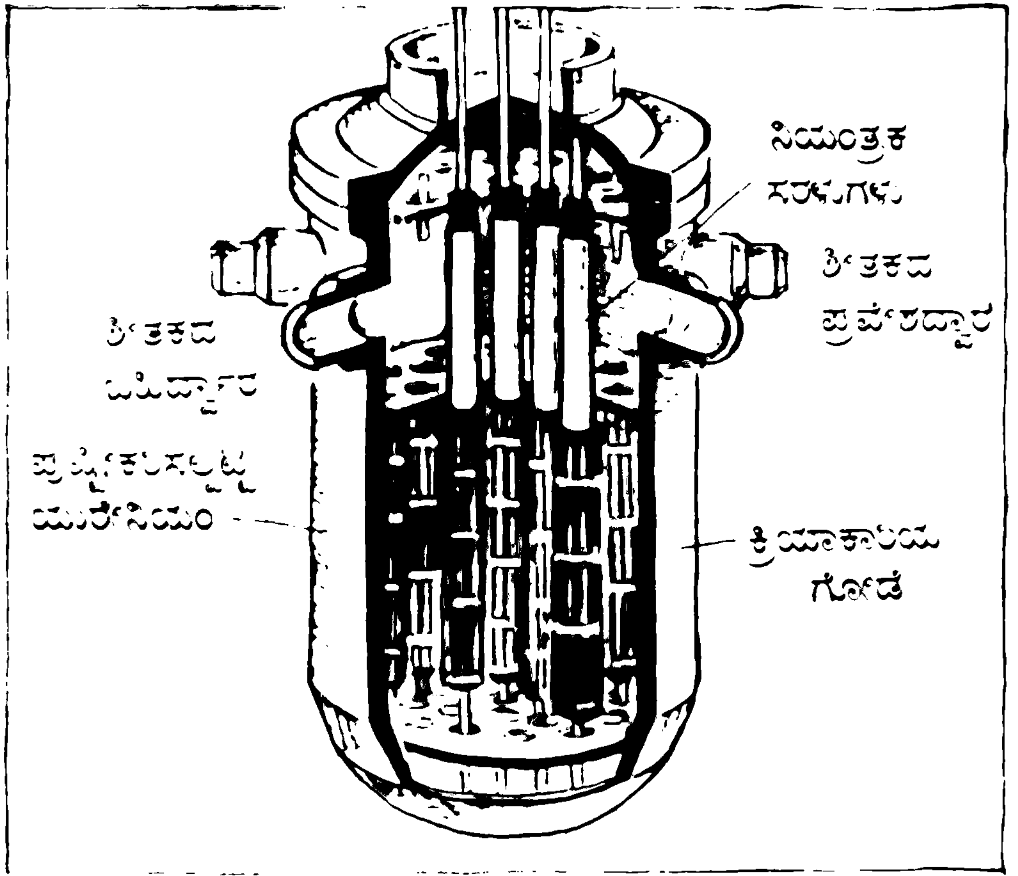
ರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಯುರೇನಿಯಂನಿಂದಾಗಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು ಒಂದು ಹೊಸ ಇಂಧನವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುತ್ತದೆ, ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ. ಆದರೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ''ಉರಿದು ಹೋಗಿರುವ'' ಯುರೇನಿಯಂ ಬೀಜ ಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಅತ್ಯಂತ ಈಚಿನವರೆಗೂ, ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ತಾಪೀಯ-ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದವು. ಇಂತಹ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾ ಕಾರಿಗಳು ನಾಲ್ಕು ವಿಧವಾಗಿವೆ: ಸಾಧಾರಣ ನೀರು ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಶಾಖ ವಿನಿಮಯಕಾರಕವಾಗಿಯೂ (ಶೀತಕ) ಇರುವ ನೀರು-ನೀರು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾ ಕಾರಿಗಳು, ನೀರು ಶೀತಕ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಫೈಟ್ ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವಾಗಿರುವ ಗ್ರಾಫೈಟ್-ನೀರು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು; ಭಾರ ನೀರು ಮಂದಕಾರಕವಾಗಿಯೂ ಸಾಧಾರಣ ನೀರು ಶೀತಕ ವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು; ಮತ್ತು ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಗ್ರಾಫೈಟ್-ಅನಿಲ ಶೀತಕವುಳ್ಳ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು.

ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಪ್ರವೀಣರು ತಾಪೀಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳಿಗೇ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನ ಕೊಟ್ಟರೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವು ಯುರೇನಿಯಂಅನ್ನು 235 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಿಂದ ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಕಷ್ಟವಾದ ಕೆಲಸವಾಗಿರುವುದೇ ಎಂದು ತೋರುವುದು. ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬಳಸಿದರೆ, ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡದೆ ಉಳಿಯುವ ಅಂತಸ್ಥ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನವು ಅಗಾಧ ಮೊತ್ತಗಳಲ್ಲಿರುವುದು ಎಂದು ಹಿಂದೆಯೇ ನಾವು ಹೇಳಿರುವುದನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಿ.

ಪ್ರಸಕ್ತ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇಂಧನವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವಿಲ್ಲದೆಯೇ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ಇರುವುದು.

ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಲ್ಲಿನ ಮಿಶ್ರಣವು ಯುರೇನಿಯಂ-235ರ ಒಂದು ಭಾಗ ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಂ-238ರ ಒಂದು ಭಾಗ ಹೊಂದಿರುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಯುರೇನಿಯಂ-238ರಿಂದ ಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟು ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಬೀಜಗಳ ವಿದಲನ ಉಂಟು ಮಾಡಿ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪೋಷಿಸುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 6.2

ಇಂತಹ ಒಂದು ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗೆ "*ಬ್ರೀಡರ್*" (*ವರ್ಧಕ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ*) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಕಾರ್ಯಶೀಲ ಮತ್ತು ಅಂತಸ್ಥ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಇಂಧನದ ಸಲಾಕೆಗಳ ಅಥವಾ ಇಟ್ಟಿಗೆಗಳ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನನುಸರಿಸಿ, ಈ ಎರಡು ವಿಧದ ಇಂಧನಗಳ ಬೇರೆಬೇರೆ ಪ್ರತಿಶತ ಅನುಪಾತವೂ ಮತ್ತು ಬೇರೆಬೇರೆ ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಇರುವ ವರ್ಧಕ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು.

ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಾಚಕನಿಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥೂಲ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಕೊಡಲು ಎರಡು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು ಸಾಕು.

ಅಮೆರಿಕದ ಸಂಯುಕ್ತ ರಾಷ್ಟ್ರದ ಜಲಾಂತರ್ನೌಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ರಚನಾಕ್ರಮದ ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಇದರಲ್ಲಿ ಶೀತಕವು ಸಾಧಾರಣ ನೀರು. ಸಾಧಾರಣ ನೀರು ಭಾರ ನೀರಿಗಿಂತ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ 600 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ, ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು ಯುರೇನಿಯಂ-235ರಿಂದ ಪುಷ್ಟಿಗೊಳಿಸಿದ ಯುರೇನಿಯಂ-238ರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಕಾರ್ಯಮಾಡಬಲ್ಲುದು. ಈ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳ ಇಂಧನದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ-235ರ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿರುವ ಶೇಕಡ 0.72ರಷ್ಟು ಭಾಗಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದರಿಂದ ನಾಲ್ಕು ಪ್ರತಿಶತಗಳಷ್ಟಿರುವುದು. ಈ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು 1100 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡಬಲ್ಲುದು, ಸುಮಾರು 5 ಮೀಟರು ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು, ಎತ್ತರ 15 ಮೀಟರು (5-ಮಹಡಿಯ ಕಟ್ಟಡ) ಮತ್ತು ಸುಮಾರು 30 ಸೆಂಟಿಮೀಟರು ದಪ್ಪದ ಗೋಡೆ. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಲ್ಲಿ ಶೇಕಡ 3.2ರಷ್ಟು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ನ 80 ಟನ್‌ಗಳಷ್ಟನ್ನು ತುಂಬಿದರೆ ಅದು 10ರಿಂದ 12 ತಿಂಗಳುಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. (ಆಮೇಲೆ ಸರಳುಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕು). ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಲ್ಲಿನ ನೀರು 320°C ಅಷ್ಟು ಬಿಸಿ ಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು 300 ವಾಯುಮಂಡಲಗಳ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಪರಿಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಬಿಸಿನೀರು ಆವಿಯಾಗಿ ಅದನ್ನು ಟರ್ಬೈನಿನ ಫಲಕಗಳಿಗೆ ತಲುಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಫ್ರಾನ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಕಟ್ಟಲ್ಪಡಲಿರುವ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ವರ್ಧಕಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ರಚನಾ ಕ್ರಮವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತೇನೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಸೂಪರ್‌ಫೀನಿಕ್ಸ್ ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಇಂಧನವು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ-239 ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಣ. ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವಿನ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದಾಗಿನಿಂದ ಇಂಧನದ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಸಂಧಿಸುವವರೆಗಿನ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವೇಗವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ.

ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು ಶೀಘ್ರಗತಿಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಕಾರಣದಿಂದ ಯಂತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಅಡಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಗರ್ಭಪ್ರದೇಶವು 10 ಘನಮೀಟರು ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನಕ್ಕೂ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಶಾಖದ ಮೊತ್ತವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ನೀರನ್ನು ಬಳಸಿ ಶಾಖವನ್ನು ತೆಗೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ, ನೀರು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್

ಗಳನ್ನು ಮುಂದಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರವರೂಪದ ಸೋಡಿಯಂ ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ವಾಯು ಮಂಡಲ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ 98°Cನಲ್ಲಿ ಕರಗುವುದು ಮತ್ತು 882°Cನಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವುದು. ಶಾಸ್ತ್ರತಂತ್ರೀಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ದ್ರವರೂಪದ ಸೋಡಿಯಂನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 550°C ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಕೂಡದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಶೀತಕದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. (ಶೀತಕವು ನೀರಾಗಿದ್ದರೆ ಇದನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುವುದು).

ಸೂಪರ್‌ಫೀನಿಕ್ಸ್ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು ಈ ಮುಂದಿನ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು: ಒಳಗಿನ ವ್ಯಾಸ 64 ಮೀಟರುಗಳು, ಎತ್ತರ ಸುಮಾರು 80 ಮೀಟರುಗಳು. ಇದು 20-ಮಹಡಿಗಳ ದೊಡ್ಡ ಕಟ್ಟಡ! ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಗರ್ಭಪ್ರದೇಶವು 5.4 ಮೀಟರುಗಳ ಉದ್ದದ ತೆಳುವಾದ ಸರಳುಗಳು (ಸೀಸದ ಕಡ್ಡಿಗಳ ಒಂದು ಕಂತೆಯಂತೆ) ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಆರು ಮೂಲೆಯ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು. ಇಂಧನದ ಸರಳುಗಳೂ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಕ ಸರಳುಗಳೂ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವಂತೆ ಏರ್ಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಗರ್ಭಪ್ರದೇಶವು ಹೇಗೆ ತಂಪು ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವರ್ಣಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ (ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶವೂ ಇಲ್ಲ). ಅದನ್ನು ಮೂರು ಘಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಸಾಕು. ಮೊದಲನೆಯ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಇರುವುದು; ಅದು ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಿಂದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದು ಕುದಿಪಾತ್ರೆಗೆ ತಲುಪಿಸುತ್ತದೆ; ಅಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯ ಸೋಡಿಯಂ ಕುಣಿಕೆಯು ಅದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯಕಾರಿಯಲ್ಲಿ ನೀರು ಮತ್ತು ಆವಿಯ ಮಿಶ್ರಣವಿರುವ ಮೂರನೆಯ ಕುಣಿಕೆಯು ಶಾಖವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಆವಿ ಟರ್ಬೈನಿಗೆ ರೂಢಿಯಾದ ಮಾರ್ಗವಿದೆ.

ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು 3000 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ತಾಪೀಯ ಸಂಚಯನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಮತ್ತು 1240 ಮೆಗಾವಾಟ್ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಬಹುದು.

ಪರಮಾಣುಬೀಜದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ತಾಪೀಯ ಘಟ್ಟದ ಮೂಲಕವೇ ಹೋಗಬೇಕಾಗಿದ್ದು ಆಶಾಭಂಗ ಭಾವವೇರ್ಪಡುವ ಅನಿವಾರ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಪುನಃ ಒತ್ತಿ ಹೇಳದೆ ತೀರದು. ಇದು ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಾಲಿತ ಯಂತ್ರವನ್ನು

ಸಾಧಾರಣ ಗಾಡಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಿದಂತಿರುವುದು. ಆದರೆ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೊಂದರೆ ಕೊಡುವ ಈ ಘಟ್ಟವು ಇಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆಂಬುದರ ವಿಷಯವಾಗಿ ಇದುವರೆಗೂ ಯಾರೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮ ಕಲ್ಪನೆಯೊಂದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವ ನ್ಯೂನತೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಕೊಳಾಯಿಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯ ತೊಂದರೆಯು ಇರುವುದು. ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪದಲ್ಲಿನ ಅಂಗೀಕಾರಾರ್ಹವಲ್ಲದ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಶೀಲತೆಯು ಟರ್ಬೈನ್ ಒಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸು ವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಇದನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

ಈ ರಚನಾಕ್ರಮದ ಇನ್ನೂ ಹಲವು ಅಂಕಿಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುವುವು. ಪ್ರತಿ ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿನ ಪರಮಾವಧಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಅಭಿವಾಹವು **6.2×10^{15}**ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿ ಗುಣಕ ಸಂಖ್ಯೆಯು **1.24**ಕ್ಕೆ ಸಮ ವಾಗಿರುವುದು. ಬಳಕೆ ಪೂರೈಸಿದ ಇಂಧನ ಸರಳುಗಳನ್ನು ವರ್ಷಕ್ಕೊಂದು ಸಲ ಬದಲಾಯಿಸ ಲಾಗುವುದು. ಮೊದಲನೆಯ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪದ ಸೋಡಿಯಂನ ಪ್ರವಾಹವು (ಶಾಸ್ತ್ರತಂತ್ರೀಯ ಪರಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಪ್ರವಾಹದರ ಎಂದು ಹೆಸರು.) ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ **16.4** ಟನ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುವುದು. ಅತಿತಪ್ತ ಆವಿಯು **180** ಬಾರ್‌ಗಳ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು **490**$^{\circ}$C ಉಷ್ಣಾಂಶದೊಡನೆ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಇಂಧನದ ''ಬೂದಿ''ಯ ಬಗ್ಗೆ ಎರಡು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳು ವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ತೋರುವುದು. ಇಂಧನದ ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಇದು ನಿಯಂತ್ರಿಸ ಲಾಗದ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಗತಿ, ಆದರೆ ನಮಗೆ ಯಾವ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಬೇಕಾದರೂ, ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಲ್ಲಿ ಇಡುವುದರಿಂದಲೇ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅವಕಾಶವಿರು ವುದು. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಹೊಸ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ.

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿಂದಾಗಲಿ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು.

ಈಗಿನವರೆಗೆ ಲಬ್ಧವಾಗಿರುವ ಕೃತಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದು.

ಆವರ್ತ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ "ಖಾಲಿ" ಸ್ಥಾನಗಳೆಲ್ಲಾ ಭರ್ತಿಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. 61, 85 ಮತ್ತು 87 ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ದೀರ್ಘಜೀವಿತ ಕಾಲವುಳ್ಳ ಸ್ಥಾಯಿ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅವು ಇಲ್ಲ. ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. 92ರಿಂದಾಚೆ ಇರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಪರಾಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುಗಳು ಎಂದು ಹೆಸರು. 105 ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೂಲಧಾತುವರೆಗಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಾಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುವನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಭಿನ್ನರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಹೊಸ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಭೂಮಿಯ ಹೊರಪದರದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾಯಿ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನೇಕ ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನೂ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ರೇಡಿಯೋ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಬಹಳ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಆಹಾರ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಕ್ರಿಮಿಶುದ್ಧಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ, ಬಿರುಕು ಮುಂತಾದ ದೋಷಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಕ್ಷಯಪ್ರಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಳಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕಗಳಾಗಿಯೂ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಈ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಲಂಬಿಸಬಹುದು.

ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು, ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣದೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವ ಜನರಿಗೆ ರಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳು ಪಡಬೇಕಾದ ಪ್ರಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದು ದುರದೃಷ್ಟವೇ ಸರಿ.

ಪರಮಾಣುಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನ ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕ ಉಪಉತ್ಪನ್ನಗಳಲ್ಲಿ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ 237 ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ-239ಗಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವ ಯುರೇನಿಯಂ-237 ಮತ್ತು ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ-239ಗಳು ಸೇರಿ 450 ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವುವು.

ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಅಥವಾ ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಇವುಗಳ ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ಪರಮಾಣುಬೀಜಾತ್ಮಕ ಇಂಧನ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಉರಿದು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹಲವು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು ಶೇಕಡ 2.5 ರಿಂದ ಶೇಕಡ 3.5ರ ವರೆಗಿನಷ್ಟು ಯುರೇನಿಯಂ-235 ಇರುವ ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇಂಧನದೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವುವು. ಒಂದು ಹಂತದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ನಿಂತುಹೋಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯು ಮುಂದುವರಿಯದಂತೆ ಮಾಡುವ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು

ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುವು. ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿದಾಗ ಯುರೇನಿಯಂ-235ರ ಸುಮಾರು ಶೇಕಡ 1ರಷ್ಟು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಮೊತ್ತದ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ-239 ಸಹ ಉಳಿದಿರುತ್ತವೆ.

ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಇಂಧನದ ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತಗಳಿರುವ ಇಂತಹ ಬೂದಿಯನ್ನು ಬಿಸಾಡಲಾಗದು. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಾರ್ಖಾನೆಯನ್ನು ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಜನಕದೊಡನೆ ಹೊಂದಿಸಬಹುದು. ಅದು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸ್ವಯಂಚಲಿಯಾಗಿರಬೇಕು, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದು. ಸಿಬ್ಬಂದಿಯವರಿಗೆ ಗ್ಯಾಮಾ ವಿಕಿರಣಗಳಿಂದ ರಕ್ಷಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿಶೇಷ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನೂ ಏರ್ಪಡಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಈ ಯಂತ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ, ಬಳಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇಂಧನ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಪುಡಿಮಾಡಿ ವಿಲೀನಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಶುದ್ಧ ಇಂಧನವನ್ನು (ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ) ಹೊರತೆಗೆದು ಹೊಸ ಇಂಧನ ತುಂಡುಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಬಹುದು.

ಇದಾದ ಮೇಲೂ, ''ಬಿಸಿಯಾದ'' (ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ) ದ್ರಾವಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಅವಶೇಷಗಳ ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತಗಳು ಇನ್ನೂ ಉಳಿದಿರುವುವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಹೂತಿಡಬೇಕು. ಹೂತಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳೊಡನೆ ಯಾವ ಸಂಪರ್ಕವು ಇಲ್ಲದಂತೆ ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳವರೆಗೂ ಭದ್ರಪಡಿಸಬೇಕು.

ಪ್ರವೀಣರು ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಆಶಾವಾದಿಗಳಾಗಿರುವರು. ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ತುಂಬಿರುವ ಡಬ್ಬಿಗಳನ್ನು (ಕೊಳಗ ಪಾತ್ರೆಗಳು ಅಥವಾ ಪೀಪಾಯಿಗಳು) ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಆರಿಸಿದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲದಿಂದ ಒಂದು ಕಿಲೋಮೀಟರಷ್ಟು ಕೆಳಗೆ ಹೂತಿಟ್ಟರೆ, ನೂರು ಪ್ರತಿಶತ ಸುರಕ್ಷತೆಯು ಖಂಡಿತವೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿದೆ. ಎಂತಹ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುವು? ಇದು ಭೂವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯ. ಭೂಕಂಪ ಸಂಭವಿಸದಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳೇ ಆಗಿರಬೇಕಲ್ಲವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಭೂಮ್ಯಾಂತರ್ಗತ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ, ನದಿಗಳೂ ಇಲ್ಲವೆಂದು ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಉಪ್ಪು ಸಂಚಯನಗಳು ಈ ನಿರ್ಬಂಧಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ ಮತ್ತು ಪೀಪಾಯಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಆಳದ ಬಾವಿಯಲ್ಲಿ ಸುಮ್ಮನೆ ಹಾಕಿಬಿಡುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲ. ಪೀಪಾಯಿಗಳು ಸತತವಾಗಿ ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತಿರುವ ಶಾಖವನ್ನು

ಕಳೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಪರಸ್ಪರ 10 ಮೀಟರುಗಳು ಬಿಟ್ಟಿರುವಂತೆ ಇರಡಬೇಕು.

ಶಾಖ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಶಕ್ತಿ

ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾನ ಅಂಶಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಇರುವುವೆಂದು ಆಗಲೇ ಸೂಚಿಸಿರುವೆವು. ವಿಘಟನೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಣುಗಳು ಒಂದಾಗಿ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದರಿಂದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುವುವು ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಯಾವ ಸಂಯೋಜನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು (ಬೀಜಗಳು ಒಂದುಗೂಡುವುದು) ಉಪಯುಕ್ತವಾದವು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಕಷ್ಟವೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಡ್ಯುಟೀರಿಯಂ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 2.0146 ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನಗಳು. ಎರಡು ಬೀಜಗಳು ಒಂದಾಗಿ ಸೇರಿದರೆ, ^{4}He ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ; ಇದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು $2\times2.0146=4.0292$ಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ 4.0038 ಆಗಿರುವುದು. 0.0254 ಅಷ್ಟರ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸುಮಾರು 25 MeV ಅಥವಾ 4×10^{11} ಜೂಲ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಡ್ಯುಟೀರಿಯಂನ ಒಂದು ಗ್ರಾಂನಲ್ಲಿ 0.3×10^{24} ಪರಮಾಣುಗಳಿವೆ. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಯು ಸಂಭವಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಗ್ರಾಂಗಳಿಂದ 10^{13} ಜೂಲ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಲಭಿಸುವುದು! ಜಲಜನಕದ ಭಾರವಾದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ, ಅಂದರೆ ಡ್ಯುಟೀರಿಯಂ ಟ್ರೈಟಿಯಂ ಇವುಗಳ ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳೇ ಅತ್ಯಂತ ಆಶಾಜನಕವಾದವುಗಳು ಎಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ಸಾಧಾರಣ ಜಲಜನಕವನ್ನೂ ಕೂಡ ಶಾಖ ಪರಮಾಣು ಇಂಧನವಾಗಿ ಬಳಸಬಹುದು.

ಹೀಗಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎರಡು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಬಹುದೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು; ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದು ಮತ್ತು ಶಾಖ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳೆಂಬ ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದು.

ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಬಳಕೆಗೆ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಅವು ಮುಂದೆ ಬರಲಿರುವ ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ನಮ್ಮ ಶಕ್ತಿ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಈಡೇರಿಸುತ್ತವೆ (ಮತ್ತು ನೀರಿನ

ಬಳಕೆಯ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಿಂದ ಸಾಗರಗಳ ಮಟ್ಟವು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಇಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ). ನಿಜವಾಗಿಯೂ, ಇದು ಶಕ್ತಿಯ ಅಪರಿಮಿತ ಸಾಗರವಾಗುವುದು. ಮತ್ತು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಿಂದ ಉಚಿತವಾಗಿಯೇ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಆದರೂ ಈ "ಉಚಿತ" ಶಕ್ತಿ ಮೂಲವನ್ನು ಬಳಕೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸುಲಭವಾದ ಕೆಲಸವಲ್ಲ. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳೂ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗಿವೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಎರಡು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪ ವರ್ತಿಗಳಾಗಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಅಗಾಧ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು.

ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ಅಂದರೆ, ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊದಿಕೆಗಳಿಂದ ಕಳಚಿ, ನಂತರ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಿಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳಿದ್ದರೂ ಸಹ ಬೀಜಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಆರಂಭವಾಗುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು (ಪರಸ್ಪರ 10^{-13} ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಸಂಭವಿಸುವುವು).

ಗಣನೆಗಳು ನಿರಾಶದಾಯಕವಾಗಿವೆ. e^2/r ಎಂಬ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ವಿಕರ್ಷಣೆಯ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತವನ್ನು ವಾಚಕನೇ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳೇನೆಂಬುದನ್ನು ಸರಿನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು (ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಕಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಚಲನಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು). ಉತ್ತರವು ಹಲವು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳಾಗಿರುವುದು.

ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ, ಅತಿಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಮಾರ್ಗಗಳುಂಟು: ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಎರಡು ದಶಕಗಳಿಗಿಂತ ಹಿಂದಿನಿಂದಲೂ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವುದು, ಇನ್ನೊಂದು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು ಹದಿನೈದು ವರ್ಷಗಳು ಕಡಿಮೆ ವಯಸ್ಸಿನದು.

ಮೊದಲನೆಯ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ, ಶಾಖಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಸೀಸೆಯ (ಆದಕ್ಕೆ ಹೀಗೆಂದು ಹೆಸರು) ಒಳಕ್ಕೆ "ದೂಡುವುದು".

ಒಂದು ಅನಿಲ-ವಿಸರ್ಜನ ನಳಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ, ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಸ್ತಂಭವು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು ಕುಂಡಲಿಸಿ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ

ಚಲಿಸುವುದು ಎಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತು. ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ಒಂದು ಬಳಿ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ತಂಭದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲವೇ ಸ್ತಂಭವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು. ಸ್ತಂಭವು ಅನಿಲ-ವಿಸರ್ಜನ ನಳಿಕೆಯ ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದಿಲ್ಲ.

ತತ್ವತಃ, ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ "ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿ ತೂಗಾಡುವ" ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ನಾವು ಉಂಟುಮಾಡಿರುತ್ತೇವೆ.

ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕ ಒತ್ತಡವು ಪಾದರಸದ 0.1 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಷ್ಟು, ಸ್ತಂಭದ ತ್ರಿಜ್ಯವು 10 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳು ಮತ್ತು ವಿಸರ್ಜಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ತೀವ್ರತೆಯು 500 000 ಆಂಪೇರ್‌ಗಳೂ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವುದು ಎಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು.

ಆದರೂ, ಒಂದು ನಿಯಂತ್ರಿತ ತಾಪಪರಮಾಣು ಬೀಜ (ಸಂಯೋಜನೆ) ಕ್ರಿಯೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಪ್ರತಿಬಂಧಕಗಳಿವೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ತಂಭವೇ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಡ್ಡಿಯಾಗಿದೆ. ಅನೇಕ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಅದು ಅತ್ಯಂತ ಅಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ಮತ್ತು ಕ್ಷಣಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಶಿಥಿಲವಾಗುತ್ತದೆ. "ಪುನಸ್ಸಂಪೂರಕ" ಗುಣವಿರುವ ಅಂದರೆ ಸ್ತಂಭವು ಚದುರುವಂತೆಮಾಡುವ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಏರುಪೇರುಗಳೇ ಸ್ತಂಭವನ್ನು ಪುನಃ ಸ್ಥಾಪಿಸಬಲ್ಲ ಬಲಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವಂತಹ ಕಾಂತೀಯ ಸೀಸೆಯನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಮಾತ್ರ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಹತೋಟಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

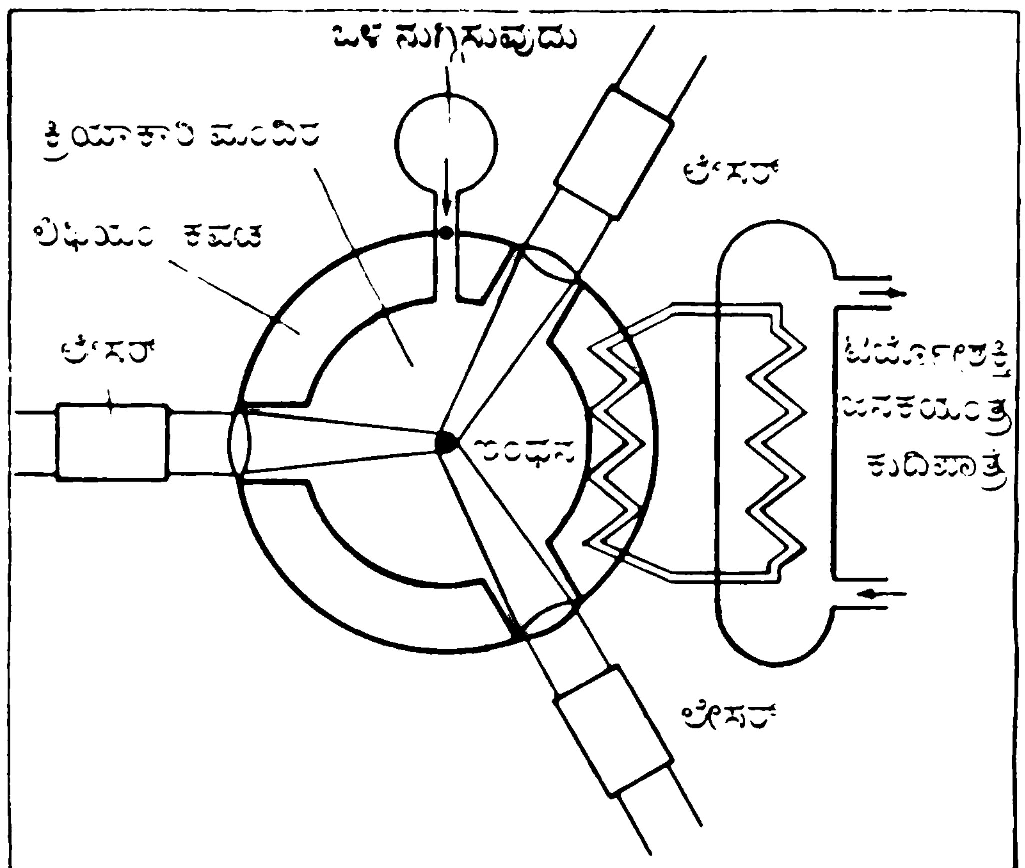
1978ರ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡವೊಂದು ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು 6 ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಬಿಸಿಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಯಿತು. ಈ ಕಾರ್ಯ ಸಿದ್ಧಿಯಾದುದು ಟೋಕಾಮಾಕ್ ಎಂಬ ಕಾಂತೀಯ ಸೀಸೆಗಳ (ಇವುಗಳನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವೆವು) ಉಪಯೋಗದಿಂದ. ಸೋವಿಯತ್ ಉಪಕರಣ ಒಂದಾದ ಟೋಕಾಮಾಕ್ ಎಂಬುದು ಟೊರಾಯ್ಡಲ್, ಛೇಂಬರ್, ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟ್ ಈ ಪದಗಳ ಒಂದು ಸಂಕೇತನಾಮ. ಇವರಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಟ್ರಿಟಿಯಂ ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಗೆ ಸಾಕಾಗಿರುವುದು. ಅದರಿಂದೀಚೆಗೆ, ಸೋವಿಯತ್ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಕದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಈ ಅತ್ಯಂತ

ತೊಡಕಾದ ಉದ್ಯಮಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮವಾದ ಇತರ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನೂ ಗಳಿಸಿರುವರು.

ಇಷ್ಟಾದರೂ ಇನ್ನೂ ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆ ಉಳಿದಿದೆ, ಬಿಸಿಯಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಒಂದು ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಾಲಾವಧಿಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಉಳಿದಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಇದನ್ನು ಮಾಡುವ ಮಾರ್ಗಗಳು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿಲ್ಲ. ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ದುಬಾರಿವೆಚ್ಚದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವಾಗಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಸಂಶೋಧನೆಯೇನೋ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿವೆ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆಶಾವಾದಿಗಳಾಗಿರುವರು.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಲೇಸರ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಮೂಲಕ ನಿಯಂತ್ರಿತ ಶಾಖಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಈಗ ಸುಮಾರು 10^{12} ವಾಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿರುವ ಲೇಸರುಗಳು ಕಾರ್ಯಗತವಾಗಿರುವುವು. ನಾವು ಪ್ಲಾಸ್ಮ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು 10^{-9} ರಿಂದ 10^{-10} ವರೆಗಿನ ಸೆಕೆಂಡ್ ಅವಧಿಯುಳ್ಳ ಸ್ಪಂದನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತಲುಪಿಸಬಹುದು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಇಷ್ಟು ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಬೆಳಕು ಒಂದು ಘನಕಾಯದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಪದಾರ್ಥವು ಕ್ಷಣಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಯಾನೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದು. 10^{8} ಡಿಗ್ರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಟ್ರೈಟಿಯಂ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ, ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯು ಏರ್ಪಡುವಷ್ಟು ಕಾಲ ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯದೆ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗುರಿಯಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುಬೀಜಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವುದು ದೃಢಪಡುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಪ್ಲಾಸ್ಮವು ಅವಶ್ಯಕ.

ಈ ಭಾವನೆಗಳೇ ಚಿತ್ರ 6.3ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲನಕ್ಷೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವುವು. ಜಲಜನಕ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ (ಘನೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ) ಗುಳಿಗೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿರುವ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಗುಳಿಗೆಯು ಪಾತ್ರೆಯ ಕೇಂದ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯುತ ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಕಾರ್ಯಗತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯು ಕಾರ್ಯಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸಬೇಕಾದರೆ ಕ್ರಿಯೆಯ ಆರಂಭ ಮತ್ತು ಕೊನೆ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ರಿಯೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿರುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಉಳಿದಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟಿರ



ಚಿತ್ರ 6.3

ಬೇಕು. ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯದ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ 10^3 ರಿಂದ 10^4 ಸಲಗಳಷ್ಟಿರಬೇಕೆಂದು ಅಥವಾ ಪ್ರತಿ ಘನಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿಯೂ ಸುಮಾರು 10^{26} ಕಣಗಳಿರಬೇಕೆಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿರುವಷ್ಟು ಸಂವೇದನೆಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲದು.

ತತ್ವತಃ, ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿರುವಷ್ಟು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನೂ ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಆಗ ಏನಾಗುವುದು? ಪರಮಾಣುಬೀಜದ ಸಂಯೋಜನೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಹೊಂದುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪಾತ್ರೆಯ ಲಿಥಿಯಂ ಕವಚದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವುವು. ಲಿಥಿಯಂ ಒಂದು ಉಷ್ಣ ವಿನಿಮಯಕಾರಿಯ ಮೂಲಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಟರ್ಬೋ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ತಲುಪಿಸುವುದು.

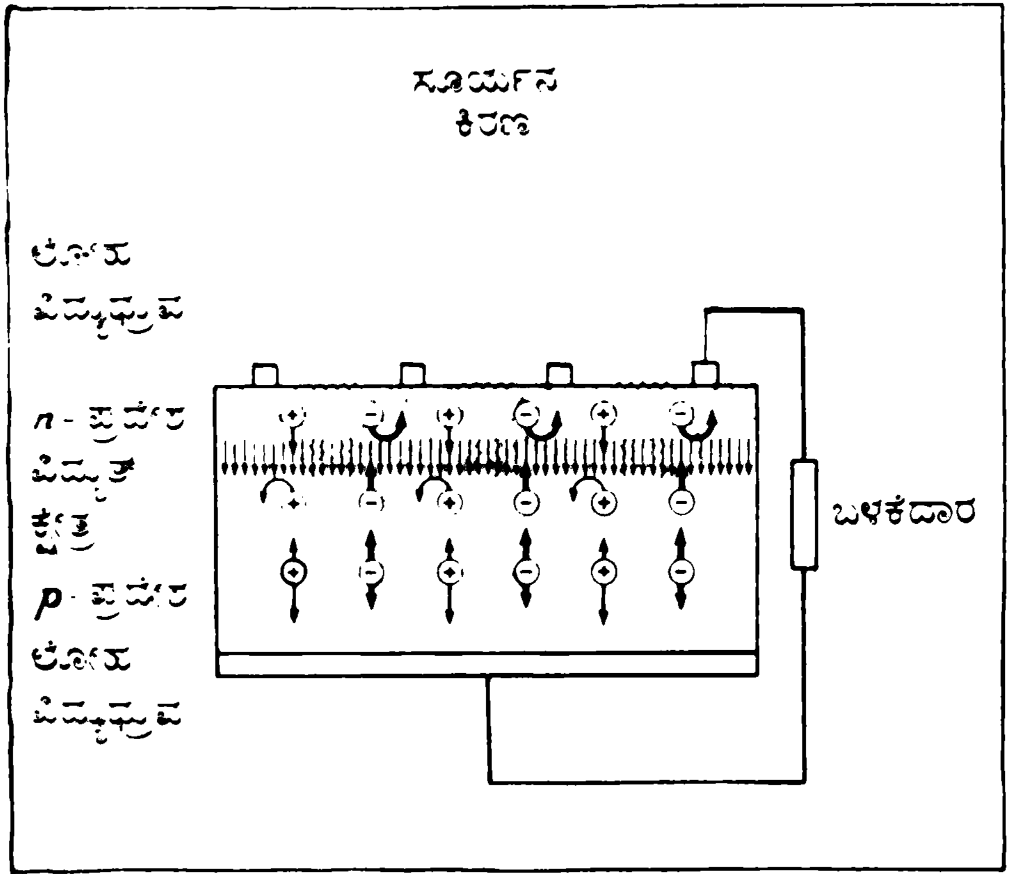
ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗವು ಲಿಥಿಯಂ ಒಡನೆ ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಗಾಗಿ ಇಂಧನವಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಟ್ರೈಟಿಯಂಅನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಇದರ ಮೂಲತತ್ವವು ಬಹಳ ಸರಳ, ಆದರೆ ಅಂತಿಮ ಗುರಿಯು ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿವೆ. ಹೊಸ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಅಡಚಣೆಗಳು ತಲೆದೋರಬಹುದು. ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಆರಂಭವಾದಾಗ ಇಂತಹ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳು ಏನೆಂಬುದನ್ನು ಮುಂಗಾಣುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ. ಪದಾರ್ಥದ ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಪೂರ್ತಿ ಹೊಸ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಹೊರಬೀಳುವುವು ಎಂದು ಸಂಶೋಧಕರು ದೃಢನಂಬಿಕೆಯುಳ್ಳವರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಸೌರ ಶಕ್ತಿ

ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ತೋರಿಬಂದಿದ್ದು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಮಾತ್ರ. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಈ ಸೂಚನೆಯು ಒಂದು ಹುಚ್ಚು ಊಹೆಯೆಂದು ತೋರಬಹುದು. ಅದನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ: **1000** ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದಕ್ಕೆ **6×6** ಚದರ ಕಿಲೋಮೀಟರ್‌ಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು **ಸೌರ ಕೋಶ**ಗಳಿಂದ (ಇವು ಸೌರಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳು) ಮುಚ್ಚಬೇಕು. ಮತ್ತು ಈ ಗಣನೆಗಳು ಉರಿಬಿಸಿಲಿನ ಸಹರಾ ಮರುಭೂಮಿಗಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟವು. ಮಧ್ಯ ಯೂರೋಪಿಗಾಗಿ ಇಂತಹ ಯಂತ್ರದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಏನು ಹೇಳುವಿರಿ? ಇಲ್ಲಿ ಬಿಸಿಲಿನ ದಿನಗಳು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ಎರಡರಷ್ಟಕ್ಕಾದರೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಬರಿಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಟ್ಟುಕಥೆ ಎಂದು ವಾಚಕನು ಹೇಳುವನು. ಇಂತಹ ಶಕ್ತಿಜನಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ವೆಚ್ಚ ತಗುಲುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ!

ನಿಜವೇ. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಇಂತಹ ವಿಧಾನದ ಅನುಕೂಲತೆಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ. ನಾವು ಭೂಮಿಯ ಯಾವ ದ್ರವ್ಯವನ್ನೂ ಬಳಸಿ ವ್ಯಯ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ, ಪರಿಸರವನ್ನು ಯಾವ ವಿಧವಾದ ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕ ಉಪಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಂದ ಮಲಿನಗೊಳಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಯ ಸೌರ ಕೋಶಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ಮಾರ್ಗ



ಚಿತ್ರ 6.4

ಗಳು, ಕೋಶಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಸೌರ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ನಾಭಿಗೂಡಿಸುವುದು. ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಎರಡು ಅಂಶಗಳು ಪ್ರಬಲವಾದ ಪ್ರೇರಣೆಯಲ್ಲವೇ? ಅನೇಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು (ಇವರಲ್ಲಿ ನಾನೂ ಒಬ್ಬ) ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಅರ್ಹವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಂಬಿರುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಭವಿಷ್ಯ ಕಾಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ಈ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ರಚಿಸಲ್ಪಡುವವು ಎಂಬ ಆಶೆಯುಳ್ಳವರಾಗಿಯೂ ಇರುವರು. ಇನ್ನು ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇದೇ ಪ್ರಥಮ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಮಸ್ಯೆ ಆಗಬಹುದು.

ಈ ಆಶಾವಾದಿ ಮನೋಭಾವವು ಸ್ವಲ್ಪ ಆತುರದ್ದಲ್ಲವೇ? ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಇಂದಿನ

ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೇಗಿರುವುದು? ಮೊದಲಿಗೆ, ಈಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿಧದ ಸೌರ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರವು ನೀಡುತ್ತಿವೆ?

ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಹೇಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಎಂಬುದರ ಒಂದು ರೇಖೀಯ ಸ್ಥೂಲ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕೋಶವು ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಇರುಕಿಸಿದ ಒಂದು ಅರ್ಧವಾಹಕ *p-n* ಪದರದಿಂದಾಗಿದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡುವುವು. ಇವು ಒಂದು ಸಂಪರ್ಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದಿಂದ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಇಂತಹ ಕೋಶಗಳ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಗಳು ಇವೆ. ಸಮಸಂಪರ್ಕವಿರುವ ಕೋಶಗಳು, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮಿಶ್ರಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಒಂದು *p-n* ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ. ಒಂದು ನವುರಾದ (0.3 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರ್) *n*-ಪದರವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪ ದಪ್ಪನಾದ (300 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳು) *p*-ಪದರವನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡಲು ಒಂದು ವಿಸರಣ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿವಿಧ ಸಂಪರ್ಕ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಿವೆ. ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಸಲ್ಫೈಡ್‌ನ ಒಂದು *n*-ಪದರವನ್ನು ಒಂದು ಲೋಹಾಧಾರದ ಮೇಲೆ 20–30 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರುಗಳಷ್ಟು ದಪ್ಪಕ್ಕೆ ಚಿಮುಕಿಸಲಾಗಿದೆ; ಈ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಕ್ಯೂಪ್ರಸ್ ಸಲ್ಫೈಡಿನ 0.5 ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರ್ ದಪ್ಪದ *p*-ಪದರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಲು ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಮೂರನೆಯ ವಿಧದ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ನವುರಾದ (20 ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಂಗಳು!) ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಪೊರೆಯಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಆರ್ಸೆನೈಡ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ಲೋಹ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಪರ್ಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಸಮಗ್ರ ಸೌರ ವರ್ಣಪಟಲದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು 1.5 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳು ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವುವು. ತತ್ಫಲಃ, ಸೌರ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಕಡ 28ರಷ್ಟು ದಕ್ಷತೆ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಅನೇಕ ಶಾಸ್ತ್ರತಂತ್ರೀಯ ಅನುಕೂಲತೆಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ತಪಶೀಲಾಗಿ ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಸಮಸಂಪರ್ಕ ಕೋಶಗಳು ಶೇಕಡ 11ರಿಂದ

ಶೇಕಡ 15ರ ವರೆಗಿನ ದಕ್ಷತೆ ಹೊಂದಿವೆ. ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಸೌರ ಕೋಶಗಳು ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. ಇದರಲ್ಲಿನ ದ್ರವ್ಯವು ಬೆಣಚಿನ ಮರಳು (Quartz sand) (ಸಿಲಿಕಾನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್). ಇದರಿಂದ ಶುದ್ಧ ಸಿಲಿಕಾನ್ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಒಂಟಿಹರಳುಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು 0.3 ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ದಪ್ಪ ಮತ್ತು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಬಿಲ್ಲೆಗಳ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗುವುದು. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಏಕಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದರ ಕ್ರಮ ಒಂದನ್ನು ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ತರಲಾಗಿದೆ. ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳನ್ನು ಡೋಪ್ ಮಾಡುವ (ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಅಶುದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಬೆರೆಸುವುದು) ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಧಾನವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ವೃದ್ಧಿಯಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್ ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ p-ಪದರವನ್ನು ಹಚ್ಚುವುದರಲ್ಲಿ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಿಲಿಕಾನಿನಿಂದ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುದನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಟೈಟಾನಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡಿನ ಸಪುರ ಪೊರೆಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರತಿ ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 100 ಮಿಲ್ಲಿವಾಟುಗಳ ತೀವ್ರತೆಯ ಬೆಳಕಿನಿಂದ, ಬಿಲ್ಲೆಯು 0.6 ವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪರಿಪಥದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಪ್ರತಿ ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 34 ಮಿಲ್ಲಿಆಂಪೇರ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಕೋಶಗಳನ್ನು ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿಯಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ವಿವಿಧ ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಒಂಟಿ ಹರಳಿನ ಬಿಲ್ಲೆಗಳನ್ನು ಈಗ 5 ರಿಂದ 7.5 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ವರೆಗಿನ ವ್ಯಾಸವಿರುವಂತೆ ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ನೆಲಸಿಡಲಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತ ಮೂಲವಾಗುವಂತೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬಹುದು.

ಹೊಸ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವಿರುವ ಕೋಶಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದೆಂದು ಆಶಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಕೈಗಾರಿಕೆಗಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಸೌರ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಬಳಸುವುದರಲ್ಲಿ ಇಂದು ಇರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಭ್ಯಂತರವೇನೆಂದರೆ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಮಟ್ಟದ ಏಕಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪಟ್ಟಿಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯ ದುಬಾರಿ ಬೆಲೆ.

ಸಪುರವಾದ ಬಹುಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದರಗಳಿಂದ ಸೌರ ಕೋಶಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ನಿರೀಕ್ಷೆ ಇದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಯು ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದ್ದು, ಆದರೆ ದಕ್ಷತೆಯು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಸೌರ ಕೋಶಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದ ಮಾರ್ಗಗಳಿಗಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ.



ಚಿತ್ರ 6.5

ಇದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕೋಶದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನೂ ಸಂಶೋಧಕರು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವರು.

ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ವಿಕಿರಣವು 300 ಮೀಟರುಗಳ ಎತ್ತರವಿರುವ ಗೋಪುರದ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿರುವ ಗ್ರಾಹಕಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡುವ 34 ಸಾವಿರ ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ರಚನಾ ಪ್ರಕ್ರಮಗಳು ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದ ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿದರೆ, ಕೋಶದಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯು ಒಟ್ಟಿನ ದಕ್ಷತೆಯ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಈ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಆರ್ಸೆನೈಡ್ ಕೋಶಗಳು ಕೆಲವು ಅನುಕೂಲತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

ಸೌರ ಶಕ್ತಿಜನಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಸೌರ ಪ್ರಕಾಶವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಭರವಸೆಯಿರುವ ಎತ್ತರವಾದ ಪರ್ವತಗಳ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಗೊಳಿಸುವ ಯೋಜನೆಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸ

ಲಾಗುತ್ತಿವೆ ಒಂದು ಭೂಮಿಯ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಹಾರಿಸಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರದ ವಿವರವಾದ ರಚನಾ ವಿಧಾನವೂ ತಯಾರಾಗಿದೆ. ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಇಂತಹ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳು ಸೌರ ವಿಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಾವ ನಷ್ಟಗಳೂ ಇಲ್ಲದೆ ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಅದನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತಲುಪಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು.

ಇದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಟ್ಟುಕಥೆಯಲ್ಲ. ಒಂದು ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಒಯ್ಯಲ್ಪಟ್ಟ 25×5 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ಗಾತ್ರದ ಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳು ಗಾಢವಾಗಿ ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸುತ್ತಿರುವರು. ಈ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ 1400 ಕೋಟಿ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬಹುದು! ಯಂತ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ತೂಕವು 100,000 ಟನ್‌ಗಳಿರುವುದು ಮತ್ತು ಈಗ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿರುವ ಹತ್ತಾರು ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಅಂದರೆ ಹತ್ತು ಸಾವಿರ ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು

ತಪಶೀಲಾದ ಯೋಜನೆಗಳನ್ನು ಆಗಲೇ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಮಾದರಿಗಳು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿವೆ.

ಗಾಳಿಯಿಂದ ಶಕ್ತಿ

ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ವಾಯುರಾಶಿಗಳು ಸತತವಾಗಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಚಕ್ರವಾತಗಳು, ಚಂಡಮಾರುತಗಳು, ಉಷ್ಣವಲಯದ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಾಣಿಜ್ಯ ಮಾರುತಗಳು ಮತ್ತು ನಸುಗಾಳಿಗಳು ಇವೆಲ್ಲಾ ವಾಯುಪ್ರವಾಹಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯ ಕೆಲವೇ ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೆ ಬರುವ ರೂಪಗಳು. ಗಾಳಿಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಹುಕಾಲದಿಂದ ದೋಣಿಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಓಡಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಸಮಗ್ರ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ವಾಯು ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಸರಾಸರಿ ವಾರ್ಷಿಕ ಶಕ್ತಿಯು 10,000 ಕೋಟಿ ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟರ ಅಗಾಧ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗುವುದು.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಎತ್ತರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಗಾಳಿಯ ವೇಗಗಳ ವಿವರಗಳು ಪವನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿದೆ. ಗಾಳಿಯು ಒಂದು ಚಂಚಲ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಷಯ, ಇದರಿಂದಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ

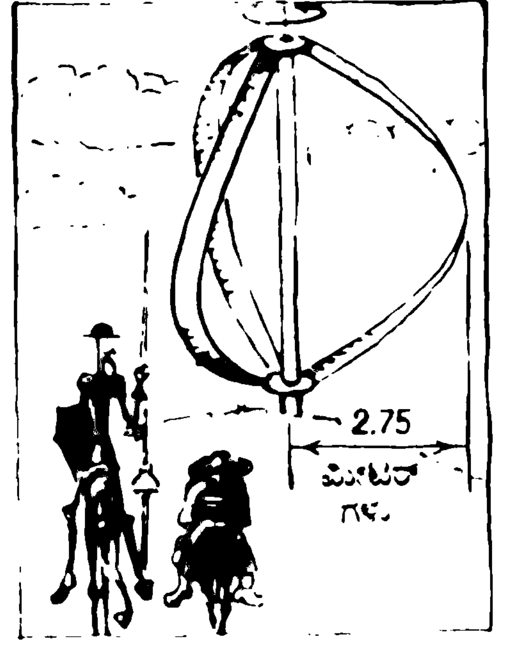
ಅಂದಾಜುಗಳೂ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 4 ಮೀಟರುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗ ಮತ್ತು 90 ಮೀಟರುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಎತ್ತರ ಇವುಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇದು ಒಂದು ಕರಾವಳಿ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಸಾಧಾರಣ ರೀತಿಯ ಅಂಕಿ.

ಗಾಳಿಯ "ನೀಲಿ" ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಸಮುದ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಸಾಗರಗಳ ತೀರಪ್ರದೇಶಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸ್ಥಳಗಳು ಎಂದು ತೋರುವುದು. ಗ್ರೇಟ್ ಬ್ರಿಟನ್ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಶಾಂತ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿಯ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ (ಬ್ರಿಟನ್ ಯೂರೋಪಿನ ದೇಶಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಗಾಳಿ ಇರುವ ದೇಶ) ಈಗ ದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಜನಕ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಸುಮಾರು ಆರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಐರ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ, ಗಾಳಿಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಇಡೀ ದೇಶವು ಬಳಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ನೂರರಷ್ಟಿರುವುದು (ಬಹುಶಃ ಇದು ಅಷ್ಟು ಗಾಳಿ ಇರುವುದು ಎಂದಲ್ಲ, ಶಕ್ತಿಜನಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಇರುವುವು ಎಂಬುದರಿಂದಲೂ ಇರಬಹುದು, ನಿಜವೇ).

ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಭವಿಷ್ಯದ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಪಾತ್ರವು ಹೆಚ್ಚೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಶಕ್ತಿ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣು ಮುಂದೆಯೇ ಬದಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ಹೊಸ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚ ತಗುಲುವ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಗಳ ಸಾಧ್ಯಾಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದರಂತೆ ಸಮಿತಿಗಳನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳನ್ನು ಈಗ ಬೇರೆ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕಾಣಲಾಗಿದೆ.

ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಮರೆಯಾಗಿರುವ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳ ಬಳಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಯಾವುದು ವಿವೇಕಯುತವಾದುದು ಮತ್ತು ಯಾವುದು ಅಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯವಾಗಿ ಮಾನವಕುಲವು ಆಲೋಚಿಸಲು ಹೊರಟಿದೆ. ಗಾಳಿಯ ಶಕ್ತಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನಕೊಡುತ್ತಿರುವುದು ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ. ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಸಾಧ್ಯಾಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಿತವಾದ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಉಪಲಬ್ಧವಾಗಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಶಕ್ತಿಯ 10 000 ಕೋಟಿ ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳ ಒಂದು ಪ್ರತಿಶತದಷ್ಟರ ಭಿನ್ನಾಂಶವನ್ನು ಬಳಕೆಗೆ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇದೂ ಕೂಡ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದುದೇ.

100 ಮೀಟರುಗಳಿಗಿಂತಲೂ ದೊಡ್ಡವಾದ ಫಲಕಗಳು ಮತ್ತು ಸುಮಾರು ಅಷ್ಟೇ



ಚಿತ್ರ 6.6

ಎತ್ತರದ ಗೋಪುರಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ "ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳ" ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಆಗಲೇ ರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಗಾಳಿಯಂತ್ರದ ಫಲಕದ ತುದಿಗಳ ವೇಗಗಳು ಸುಮಾರು ಘಂಟೆಗೆ 500 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳಷ್ಟಾಗುವುವು ಎಂದು ಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸಾಧಾರಣ ವಾತಾವರಣ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ವರ್ಗದ ಗಾಳಿಯಂತ್ರವು 1 ರಿಂದ 3 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಪೂರ್ಣವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಪದೇಪದೇ ಬಲವಾಗಿ ಗಾಳಿ ಬೀಸುತ್ತಿರುವ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿರುವ ಇಂತಹ ಹಲವು ಸಾವಿರ ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳು ಅವಶ್ಯಕವಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸರಬರಾಜುಮಾಡಬಲ್ಲವು. ಪಶ್ಚಿಮ ಯೂರೋಪಿನಲ್ಲಿ 1973ರಲ್ಲಿ 1261.6×10^{12} ವಾಟ್-ಘಂಟೆಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆಮಾಡಲಾಯ್ತು. ತತ್ವಶಃ (ಆರಂಭದ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ಬಿಗಿಹಿಡಿಯದಿದ್ದರೆ) ಗಾಳಿಯಿಂದ ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗ ಮಾತ್ರವಾಗಿರುವುದು! ಬೃಹದಾಕಾರದ ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ರಚಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಗಾಳಿಯಿಂದ ಓಡುವ ಮೋಟಾರಿನಲ್ಲಿ ಅದರ ಆವರ್ತಕವು ಗಾಳಿಯ ವೇಗವನ್ನು ಮೂರರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಮಾಡಿದರೆ ಅದರ ಉತ್ಪನ್ನವು ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವುದು ಎಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಗಾಳಿಯಿಂದ ಓಡುವ

ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳೆಲ್ಲಾ ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಅನುಕರಿಸಲೇಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಕೂಡದು. ಊರ್ಧ್ವ ದಿಕ್ಕಿನ ಭ್ರಮಣ ಅಕ್ಷವುಳ್ಳ ಆವರ್ತಕಗಳೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಧ್ಯ. ಚಿತ್ರ 6.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಆವರ್ತಕವು ಸುಮಾರು 20 ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡ ಬಲ್ಲುದು. ಇಂತಹ ಆವರ್ತಕದ ಅನುಕೂಲವೇನೆಂದರೆ ಅದು ಗಾಳಿಯ ದಿಕ್ಕನ್ನವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ; ಇದರ ಅನಾನುಕೂಲವೇನೆಂದರೆ ಬಲವಾದ ಗಾಳಿ ಇದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅದು ಕೆಲಸ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ಈ ವಿಧದ ಆವರ್ತಕಗಳನ್ನು 5.5 ಮೀಟರುಗಳವರೆಗಿನ ವ್ಯಾಸ ಗಳಿರುವಂತೆ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಗಾಳಿಯಿಂದ ನಡೆಸಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿಜನಕಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಿರಿದಾದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೇ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಯಾವ ಪಾತ್ರವನ್ನೂ ವಹಿಸದಿರುವಷ್ಟು ದೂರ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಬಿಟ್ಟು ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬೇಕು. 1000 ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ಶಕ್ತಿಜನಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸುಮಾರು 5 ರಿಂದ 10 ಚದರ ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವಿಸ್ತಾರವು ಬೇಕಾಗುವುದು.

7. ವಿಶ್ವದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದು

ಇಂದು ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಎಲ್ಲೆಯ ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಎಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಭೂಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಂತೆ, ನಕ್ಷತ್ರಖಚಿತ ಆಕಾಶವನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವಷ್ಟಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಮಿತಿ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರೊ, ಅಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆದುದು ಅಷ್ಟರಲ್ಲೆ ಇದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಕೆಲವು ದಶಕಗಳ ಹಿಂದೆ, ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಚಂದ್ರನಿಂದಲೂ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಆರಂಭವಾದಾಗಿನಿಂದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಿತು.

ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಅಡಚಣೆ ಇಲ್ಲವಾಗಿ ವಿಶ್ವದ ದೂರದ ಮೂಲೆ ಮೂಲೆಗಳಿಂದ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಬರುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನೂ ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳವರೆಗೂ ಸಮಗ್ರ ವರ್ಣಪಟಲದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವೂ ಮತ್ತು ನಾನಾ ವಿಧದ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳೂ ಸೇರಿವೆ. ಮತ್ತು ವರ್ಣಪಟಲದ ದೃಶ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದರ ಅವಕಾಶಗಳೂ ಅಗಾಧವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿವೆ.

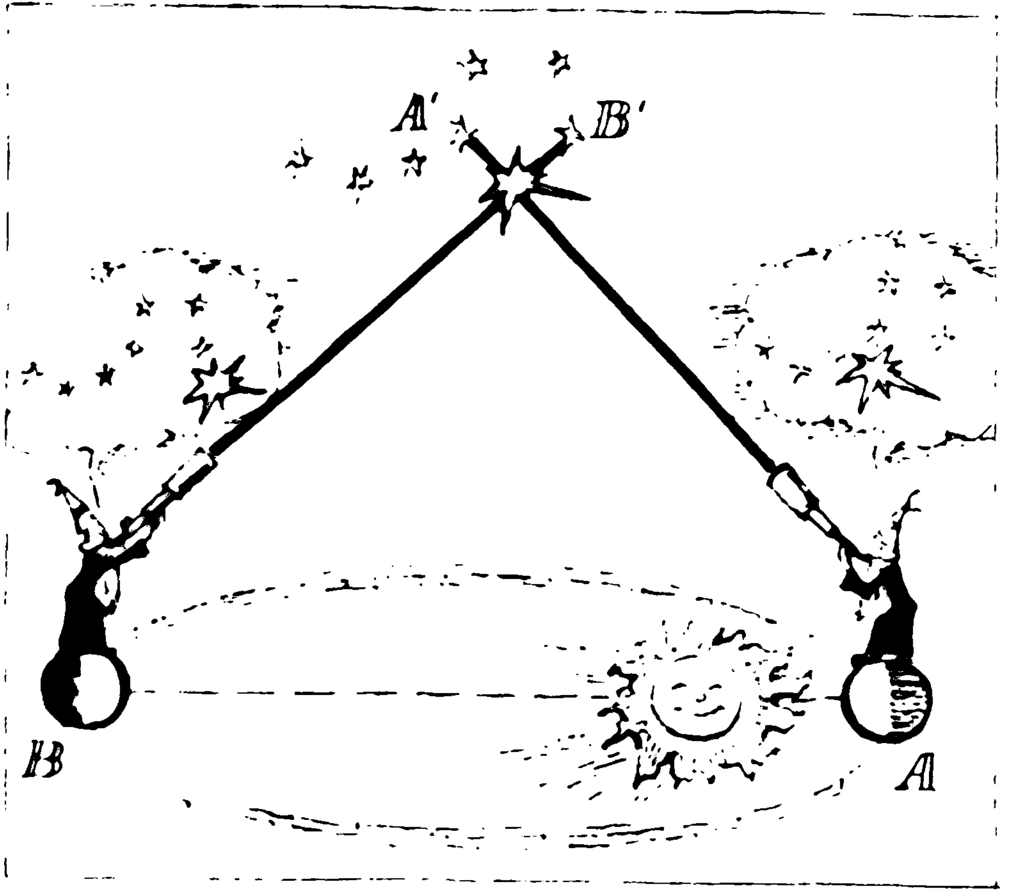
ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ವಿಕಿರಣದ ವ್ಯಾಸಂಗವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸೇರಿರುವುದು. ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಒಂದು ಒಮ್ಮುಖವಾದ ಅರ್ಥವಿವರಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಲಾಗದಂತಹ ವಿವಿಧ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ ಎಂಬುದನ್ನೂ ಮತ್ತು ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ವಿಶ್ವದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಪೂರ್ತಿ ಹೊಸದಾದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಹೊರತರಬಹುದು

ಎಂಬುದನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಇಂದು ನಕ್ಷತ್ರಖಚಿತ ವಿಶ್ವದ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವೃತ್ತ ರಾಗಿರುವವರು ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು - ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಆಲೋಚನಾ ಕ್ರಮದಿಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು - ಆಗಿರುವರೆಂಬುದು ಏಕೆ ಎನ್ನುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು.

ವಿಶ್ವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ನಾವು ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಮಸ್ಯೆ ಯಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುವೆವು. ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಇರುವ ದೂರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು. ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯ ಅಥವಾ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಗಳು ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳನ್ನು ರೇಡಾರ್ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಸೂರ್ಯನಿಗಿರುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರವು **149 573 000** ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ಆ ದೂರದ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರ ನಿಖರತೆಯ ಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಲಾಗಿದೆ.

ಆದರೆ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಸೌರವ್ಯೂಹದೊಳಗಿನ ದೂರಗಳನ್ನು ರೇಡಾರ್ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆಯೇ ***ತ್ರಿಕೋನ ವಿಂಗಡಿಕೆ*** ಎಂಬ (ತತ್ವಶಃ) ಸರಳವಾದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಆಗಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದರು.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪನ್ನು, ಆದಷ್ಟು ಪರಸ್ಪರ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಸ್ಥಾನಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ವನ್ನು ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು **ಆಧಾರ** ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಚಿತ್ರ 7.1ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ನಕ್ಷೆಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಮೊದಮೊದಲಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ಉಪಕರಣ ಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಕಾಲಾನಂತರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನೂ ಬಳಸಿದರು. ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಒಂದೇ ಒಂದರಂತೆ ಚಲಿಸುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರು ಗಮನಿಸಿದರು. ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಯಾವ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೂ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು. ಆದರೆ ಇಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಚಲಿಸಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ''ನಿಶ್ಚಲ'' ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ನಿರ್ಗಮನ ಬಿಂದುವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಈ ನಿಶ್ಚಲ ನಕ್ಷತ್ರ ಪುಂಜಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಚಲಿಸುವ



ಚಿತ್ರ 7.1

ನಕ್ಷತ್ರದ ಕೋನೀಯ ವಿಸ್ಥಾಪನೆಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು. ಆ ಕೋನಕ್ಕೆ **ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ (ಪ್ಯಾರಲ್ಯಾಕ್ಸ್)** ಎಂದು ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಡಲಾಯ್ತು.

ಹದಿನೇಳನೆಯ ಶತಮಾನದಷ್ಟು ಹಿಂದೆಯೇ, ಗೆಲಿಲಿಯೋನ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು "ನಿಶ್ಚಲ" ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಗ್ರಹಗಳ ವಿಕ್ಷೇಪಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಭಾಸಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದರು. ಆದರಿಂದ ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನಿಂದ 14 ಕೋಟಿ ಕಿಲೋಮೀಟರ್‌ಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿರುವುದೆಂದು ಗಣನೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಇದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಬಹಳ ನಿಖರವಾಗಿರುವುದು!

ಬರಿಯ ಕಣ್ಣಿಗೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನಗಳೂ ಅವ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುವುವು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಮಾತ್ರ

ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ ವಿಕ್ಷೇಪಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಇಂತಹ ಅಳತೆಗೆ ಭೂಮಿಯ ಪಥದ ವ್ಯಾಸವೇ ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ಆಧಾರ ರೇಖೆ. ಆಕಾಶದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಭಾಗದ ಎರಡು ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಸಮೀಕ್ಷಾಮಂದಿರದಿಂದ ಅರ್ಧ ವರ್ಷದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆಧಾರ ರೇಖೆಯು ಸರಿಸುಮಾರು 30 ಕೋಟಿ ಕಿಲೋ ಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ರೇಡಾರ್ ಬಳಸಲಿಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದ್ದರಿಂದ ಚಿತ್ರ 7.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನಕ್ಷೆಯು ಆಧುನಿಕವೇ ಆಗಿರುವುವು.

ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಚಲಿಸುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಇರುವುವು ಎಂಬುದಾಗಿ ತೋರಬಹುದು. ಆದರೆ ನಿಶ್ಚಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಇರುವುವು ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ತರ್ಕವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದ ತಮ್ಮ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನಗಳು ಬದಲಾಗದೆ ಇರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಒಂದು "ಅಲೆದಾಡುತ್ತಿರುವ" ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕಿಂತ (ಅಥವಾ ಗ್ರಹ) ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬೇಕಾಗುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗುವುದು. ಇದು ಹೇಗೇ ಇರಲಿ, ಒಳ್ಳೆಯ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಅನೇಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನಾಭಾಸಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಅನೇಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕೋನೀಯ ಸೆಕೆಂಡಿನ ನೂರರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರ ನಿಖರತೆಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ನಮಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಒಂದು ಪಾರ್ಸೆಕ್‌ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿರುವುವೆಂದು ವ್ಯಕ್ತಪಟ್ಟಿತು.

ಭೂಮಿಯ ಪಥದ ವ್ಯಾಸವು ಆಧಾರ ರೇಖೆಯಾಗಿದ್ದು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡ್ ಕೋನೀಯ ವಿಕ್ಷೇಪವನ್ನು ಕೊಡುವ ದೂರಕ್ಕೆ ಒಂದು **ಪಾರ್ಸೆಕ್** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಒಂದು ಪಾರ್ಸೆಕ್ 30 ಲಕ್ಷ ಕೋಟಿ ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಸುಲಭ.

ಖಗೋಳ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷ ಎಂಬುದನ್ನೂ ಬಳಸುವರು. **ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷ** (light year) ಎಂಬುದು ದ್ಯುತಿಯು ಒಂದು ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಹಾದು ಹೋಗುವ ದೂರ. ಒಂದು ಪಾರ್ಸೆಕ್ 3.3 ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 3,00,000 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ದ್ಯುತಿಯು ಸಮಗ್ರ ಸೌರವ್ಯೂಹವನ್ನು ದಾಟುವುದಕ್ಕೆ ಅರ್ಧ ದಿನ ಹಿಡಿಯುವುದು. ಈಗ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಮತ್ತು

ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಬಂದಿರುವೆವು: ಸೌರವ್ಯೂಹವು ಇಡೀ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಏಕಾಕಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ ವಿಧಾನವನ್ನು ನೂರಾರು ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷಗಳ ದೂರಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸ ಬಹುದು. ಆಗ, ಇನ್ನೂ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬ ಸಮಸ್ಯೆ ಏಳುವುದು. ಇದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಗೆಹರಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಸುಮಾರು ಅಂದಾಜುಗಳಲ್ಲಿ (ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಾರ್ಥಕ ಅಂಕದ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಮಾತ್ರ ನಂಬಿಕೆ ಇಡಬಹುದು) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಳತೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಸಮನ್ವಯದಿಂದ ಮಾತ್ರ ವಿಶ್ವಾಸವಿಡಬಹುದು.

ಏನಾದರೂ, ಅತಿ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಾಂತವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ನಮ್ಮ ತಾರಾಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಜೋಡಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿರುವುವು ಎಂಬುದೇ. ಜೋಡಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಎಂದೂ ಹೆಸರು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಸ್ಪಷ್ಟ: ಜೋಡಿಯ ಎರಡು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗುವುದು. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಆವರ್ತನ ಕಾಲವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು.

ಬಹು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ತಾರಾಗುಚ್ಛವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವೆವು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ದೂರದಲ್ಲಿನ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಬರುವುದು ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವುದು. ಪ್ರತಿಲೋಮ ವರ್ಗ ನಿಯಮವು (ಅಂದರೆ, ಯಾವುದೇ ವಿಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು ದೂರದ ಪ್ರತಿಲೋಮ ವರ್ಗದಂತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು) ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅನಿಲ ರಾಶಿಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದಾಗ ಅದರ ಪ್ರಕಾಶವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಎಂಬುದೂ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಆದರೆ ರಾತ್ರಿಯ ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗವನ್ನು ಆರಿಸಿ ಕೊಂಡಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಆದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುವುವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಸಣ್ಣ ಮ್ಯಾಗಲಾನ್ ಮೇಘಗಳಲ್ಲಿರುವ ಜೋಡಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಒಂದು ಜೋಡಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಆವರ್ತನ ಕಾಲಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆಗೂ ಒಂದು ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಅಂದರೆ, ಕೆಲವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ಸರಿ ಸುಮಾರು ಒಂದೇ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರಕಾಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಆವರ್ತ

ಕಾಲವು (ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 2 ಮತ್ತು 40 ದಿನಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವುದು) ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಪ್ರಕಾಶವು ಸಮವಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ಕಾಣುವುದು.

ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿಕೊಂಡನಂತರ ಅದರ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯನ್ನು ಮನಗಂಡು ಅದನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗುಚ್ಛಗಳಿಗೆ ಸೇರಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಆವರ್ತನ ಕಾಲವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ಪ್ರಕಾಶಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರಗಳಲ್ಲಿವೆ ಎಂದು ಧೈರ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ದೂರಗಳು ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡವು ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮ ವರ್ಗ ನಿಯಮವನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಭೂಮಿಯಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದೂರಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ನಾವು ಅದನ್ನು ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಬಳಸಬಹುದು, ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಲಬ್ಧವಾದ ನಕ್ಷತ್ರ-ಭೂಮಿಗಳ ನಿರಪೇಕ್ಷ ದೂರಗಳ ಅಂಶಶೋಧನೆ ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಅಳತೆಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು.

ಈ ಮಾಲೆಯ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದ 268ನೇ ಪುಟದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ಸೂತ್ರಗಳು ಎಲ್ಲಾ ವಿಧವಾದ ಕಂಪನಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಅಗಲಿಹೋಗುವ ಅಥವಾ ಭೂಮಿಯ ಕಡೆಗೆ ಬರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ವೇಗವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$v' = v\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ c ಎಂಬುದು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗ (3,00,000 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ) ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ವಿಸ್ಥಾಪನೆಯು ಕಾಣುವಂತಿರಬೇಕಾದರೆ ನಕ್ಷತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕವು ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠ ದರ್ಜೆಯದ್ದಾಗಿರಬೇಕು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು.

ನಮ್ಮಿಂದ ಅಗಾಧ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ಜಲಜನಕವು ಅಂದರೆ, ನಮಗೆ ಸಂಜ್ಞೆ

ಕೊಡುತ್ತಿರುವ ಜಲಜನಕವು ಇಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಾವು ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುವ ಜಲಜನಕವೇ ಆಗಿರುವುದು ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾದ ನಂಬಿಕೆಯನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಿ. ನಕ್ಷತ್ರವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲವು ಅನಿಲ ವಿಸರ್ಜನೆ ನಳಿಕೆಯಿಂದ ಲಭಿಸುವ ವರ್ಣಪಟಲದಂತೆಯೇ ಇರಬೇಕು (ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ವಿಶ್ವದ ಏಕತೆಯಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಭರವಸೆಯು ಇಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿನದು!). ಆದರೆ ರೇಖೆಗಳು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿರುವಷ್ಟು ಸರಿದಿವೆ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವೇಗಗಳು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ನೂರಾರು, ಏಕೆ ಸಾವಿರಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳಷ್ಟಿರುವುವು. ಈ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಯಾರಿಗೂ ಎಂತಹ ಸಂಶಯವೂ ಇಲ್ಲ. ಹೇಗಿದ್ದೀತು? ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ರೇಖೆಗಳಿವೆ ಮತ್ತು ವರ್ಣಪಟಲದ ಎಲ್ಲಾ ರೇಖೆಗಳ ಒಂದೇ ಒಂದರ ಡಾಪ್ಲರ್ ಸರಿಕಟ್ಟಾದೊಡನೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಂದಿಕೆಯುಳ್ಳ ವಿಸ್ಥಾಪನೆಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರಗಳ ಅಳತೆಯ ವಿಚಾರಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವೇಗಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮ್ಮ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ಹೇಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುದು? ಇದು ಬಹಳ ಸರಳವಾದುದು. ಒಂದು ವರ್ಷದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರವು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ ಚಲಿಸಿರುವುದನ್ನು ನೀವು ಕಂಡಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ (ಇದೆಲ್ಲಾ "ನಿಶ್ಚಲ" ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ). ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ವೃತ್ತಖಂಡಪಲ್ಲಟ (ಕೋನೀಯ ಪಲ್ಲಟ) φ (φ ಯು ನಮ್ಮನ್ನು ಸೇರುವ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು) ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಸ್ಪರ್ಶ ರೇಖೀಯ ವೇಗವು ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ,

$$\frac{R\varphi}{t} = v$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರದ ದೂರ Rನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. t ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ನಕ್ಷತ್ರದ ಸ್ಥಾನಾಂತರದ ಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು ಆದೇಶ ಮಾಡಬಹುದು.

ಆದರೆ, ವಾಚಕನು ಹೇಳುತ್ತಾನೆ, ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿರುವುದು ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೀಯ ವೇಗ, ನಮಗಾದರೋ, ನಕ್ಷತ್ರದ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕು ಗೊತ್ತಿಲ್ಲ. ನಿಜವೇ ಸರಿ, ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ನಾವು ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಬೇಕು. ಒಂದೇ ಪ್ರಕಾಶದ ಆವರ್ತನ ಕಾಲವಿರುವ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಜೋಡಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಆಮೇಲೆ ಈ ಎಲ್ಲಾ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯ ದಿಕ್ಕಿನ ವೇಗಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ತ್ರಿಜ್ಯ ದಿಕ್ಕಿನ ವೇಗವು

ಶೂನ್ಯದಿಂದ (ನಕ್ಷತ್ರವು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ) ಒಂದು ಪರಮಾವಧಿ ಪರಿಮಾಣದವರೆಗೂ (ನಕ್ಷತ್ರವು ಕಿರಣವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ) ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ಸ್ಪರ್ಶ ರೇಖೀಯ ಮತ್ತು ತ್ರಿಜ್ಯ ದಿಕ್ಕಿನ ವೇಗಗಳು ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸರಾಸರಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಳತೆಯಿಂದ ಬಂದ ವೇಗಗಳ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿರುವ ವಿಶ್ವ

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ, ಈಗ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಹೀಗೆ ವರ್ಣಿಸಬಹುದು. ವಿಶ್ವದ ದೃಗ್ಗೋಚರವಾದ ಭಾಗವನ್ನು **ತಾರಾ ಮಂಡಲಗಳು** (ಗ್ಯಾಲಾಕ್ಸಿಗಳು) ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಅಗಾಧ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಮುಚ್ಚಯಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಬಹುದು. ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹವು ಒಂದು ತಾರಾಮಂಡಲದಲ್ಲಿದೆ (ನಮ್ಮ ತಾರಾಮಂಡಲ). ಅದಕ್ಕೆ **ಕ್ಷೀರಪಥ** ಎಂದು ಹೆಸರು, ಏಕೆಂದರೆ ರಾತ್ರಿಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಬೂದು ಬಣ್ಣದ ಪಟ್ಟೆಯಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಕ್ಷೀರಪಥ ತಾರಾ ಮಂಡಲವು ಸುಮಾರು 100 000 ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷಗಳ ದಪ್ಪವಿರುವ ಒಂದು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 10^{11} ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿರುವುವು. ಸೂರ್ಯನು ಇಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಮತ್ತು ತಾರಾಮಂಡಲದ ಹೊರವಲಯ ದಲ್ಲಿರುವುದು. ಘಟಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಎಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿರುವುವೆಂದರೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರೊಡನೊಂದರ ಘರ್ಷಣೆಯು ಸಂಭವಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರಾಂತರಿಕ ಸರಾಸರಿ ದೂರಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಗಾತ್ರಗಳ ಕೋಟಿ ಸಲಗಳಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುವು. ಭೂಮಿಯ ವಾಯು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಹೋಲುವ ವಿರಲತೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ವಾಯುವಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು 10^{18} ಅಪವರ್ತನದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಮಾಡಬೇಕು.

ಈಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ತೀರ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ತಾರಾ ಮಂಡಲಗಳ ನಡುವಣ ಸರಾಸರಿ ದೂರಗಳು ತಾರಾಮಂಡಲಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಿಗೆ ಕೆಲವೇ ಸಲಗಳಷ್ಟು ದೊಡ್ಡವಾಗಿರುವುವು.

ಒಂದೇ ತಾರಾಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಗಳ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಖಗೋಳ-ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೆಚ್ಚು ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಿರುವರು.

ಇವೆಲ್ಲಾ ನಮ್ಮ ಕಥೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ಇರುವುದು. ಆದರೂ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಮೀಸಲಾಗಿರುವ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ವೀಕ್ಷಣೆಯ ಫಲವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸದೆ ಇರಲಾರೆವು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳಲ್ಲಿನ ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವೇಗವಾಗಿ ಓಡುತ್ತಿರುವುವು ಎಂದು ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ದೃಢಪಟ್ಟಿದೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಒಂದು ತಾರಾ ಮಂಡಲದ ದೂರ ಸರಿಯುವ ವೇಗವು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಅದರ ದೂರಕ್ಕೆ ನೇರವಾದ ಅನುಲೋಮ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ದೃಗ್ಗೋಚರವಾದ ಅತ್ಯಂತ ದೂರದ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳು ದ್ಯುತಿ ವೇಗದ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ವೇಗಗಳೊಡನೆ ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರಕ್ಕೆ ಧಾವಿಸುತ್ತಿವೆ.

"ನಮ್ಮಿಂದ" ಎಂದು ನಾನು ಹೇಳುವುದು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು - ದೇವರು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಮೊದಲು ಸೃಷ್ಟಿಸಿ ಆಮೇಲೆ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಎರಚಿದನೋ ಎನ್ನುವ ಹಾಗೆ. ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ (ಅರಿಸ್ಟಾಟಲ್) ಮಧ್ಯ ಯುಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಶ್ವ ರಚನೆಯ ಚಿತ್ರವು ಇದೇ ಆಗಿದ್ದಿತು. ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲೆಗಳಿದ್ದು, ಅವುಗಳಿಂದಾಚೆಗೆ ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದ ನಂಬಿಕೆಯ ತೇಜೋಲೋಕ - ದೇವರ ನಿವಾಸ - ಇರುವುದು.

ಆಧುನಿಕ ಮಾನವನಿಗೆ, ವಿಶ್ವವು ಎಲ್ಲೆಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದೆಂಬ ಭಾವನೆಯಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಎಲ್ಲೆ ಒಂದು ಇದ್ದರೆ, ಅದರಿಂದಾಚೆಗೆ ಏನಿರುವುದು? ವಿಶ್ವವನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲೆಗಳೇ ಇಲ್ಲದಿರುವಂತೆ ನಾವು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಮತ್ತೊಂದೇನೆಂದರೆ, ಸೂರ್ಯನು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯು ವಿಶ್ವದ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಕಾಯಗಳು ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ಭಾವಿಸುವುದು ಖಗೋಳಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗಳಿಸಿರುವ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಂಶಕ್ಕೂ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ, ತಾರಾಮಂಡಲಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರಕ್ಕೆ ಧಾವಿಸುತ್ತಿವೆ! ಎಲ್ಲೆಗಳು ಯಾವುವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವ, ದ್ರವ್ಯವೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವ ವಿಶ್ವದ ಒಂದು ಮಾದರಿಯೊಡನೆಯೂ ಮತ್ತು ಯಾವ ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿಯಾಗಲೀ ವಾಸಿಸುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕಾಣುವುದು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ವಿಶ್ವದ ಚಿತ್ರದೊಡನೆಯೂ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸುವುದು?

ಇಂತಹ ಒಂದು ಮಾದರಿ ಇರುವುದರ ಬೌದ್ಧಿಕ ಆವಶ್ಯಕತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ

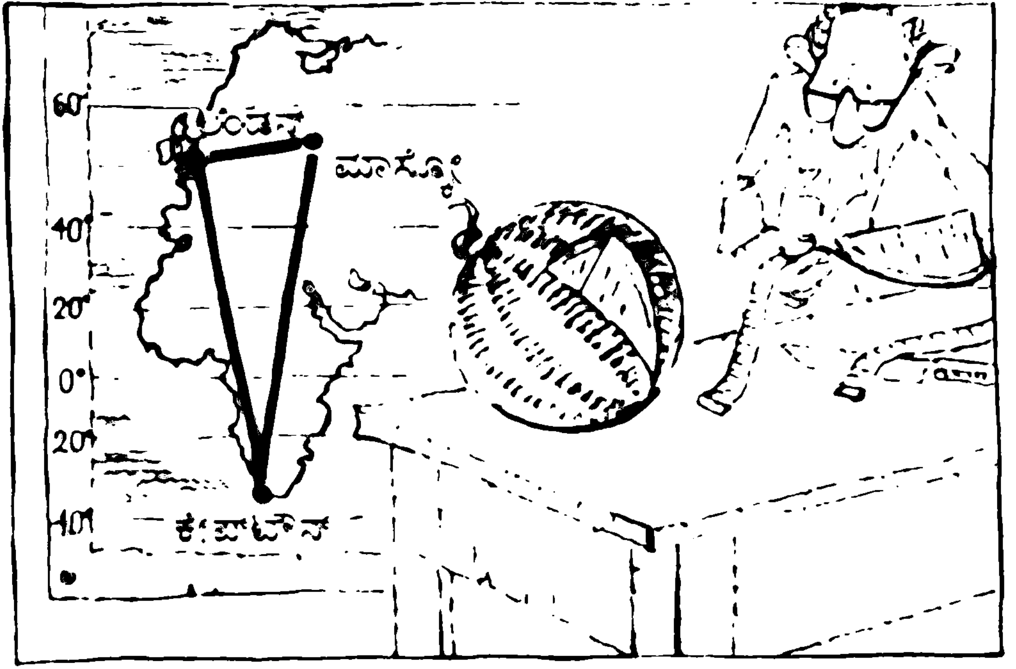
ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಈ ಮುಂದಿನ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬಂದನು. ನಮ್ಮ ದಿನವಹಿ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ಉಪಯೋಗಕರವಾಗಿರುವ ಯೂಕ್ಲಿಡಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ತಾರಾ ವಿಶ್ವದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಊಹಿಸಲಾರದಷ್ಟು ಅಗಾಧವಾದ ದೂರಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಯೂಕ್ಲಿಡಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ನಿರಾಕರಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿಶ್ವದ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಮಾದರಿಗಳನ್ನೂ ನಿರಾಕರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಹೋಗಲಿಬಿಡಿ, ವಿಶ್ವದ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಬಿಡಬೇಕಾಗಿಬಂದುದು ಇದು ಮೊದಲನೆಯ ಸಲವೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಯೂಕ್ಲಿಡಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನು ಬೀಳ್ಕೊಟ್ಟು, ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂವೃತವಾದುದೂ ಮತ್ತು ಹಾಗಿದ್ದರೂ ಕೇಂದ್ರವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಎಲ್ಲೆಗಳಾಗಲಿ ಇಲ್ಲದಿರುವ ವಿಶ್ವದ ಮಾದರಿ ಒಂದನ್ನು ಮುಂದಿಡಬಹುದು. ಇಂತಹ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶದ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಸಮವಾದ ಸ್ಥಾನಮಾನವಿರುವುದು.

ಮೊದಲು ನೋಟಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವುದು ತೀರ ಹೆಚ್ಚು ಎಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಸಮಾಂತರ ಸರಳರೇಖೆಗಳು ಸಂಧಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ ಎಂಬುದೂ, ಒಂದು ಸಮಕೋನ ತ್ರಿಭುಜದ ಬಾಹುಗಳ ಮೇಲಿನ ಸಮ ಚತುರ್ಭುಜಗಳ ವರ್ಗಗಳ ಮೊತ್ತವು ಅದರ ಕರ್ಣದ ಮೇಲಿನ ಸಮಚತುರ್ಭುಜದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದೂ ನಮಗೆ ಅತ್ಯಂತ ರೂಢಿಯಾಗಿಬಿಟ್ಟಿದೆ. ಹೌದು, ಆದರೆ ಭೂಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ಹಲವು ಪಾಠಗಳನ್ನು ನಿಮ್ಮ ನೆನಪಿಗೆ ತರುತ್ತೇನೆ.

ಭೂಮಿಯ ಗೋಳದ ಮೇಲೆ, ಅಕ್ಷಾಂಶ ರೇಖೆಗಳು ಸಮಾಂತರ ರೇಖೆಗಳು. ಆದರೆ ಒಂದು ಭೂಪಟದ ಮೇಲೆ? ಯಾವ ವಿಧದ ಭೂಪಟ? ಎಂದು ನೀವು ಕೇಳಬಹುದು. ಭೂಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ಭೂಪಟಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ - ಭೂಮಿಯನ್ನು ಎರಡು ಅರ್ಧಗೋಳಗಳ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸಿದರೆ ಅಕ್ಷಾಂಶ ರೇಖೆಗಳು ಸಮಾಂತರ ರೇಖೆಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಸಮಕೋನ ರೇಖೀಯ ಪ್ರಕ್ಷೇಪವನ್ನು ಬಳಸಿದರೆ ಆಗ ಅಕ್ಷಾಂಶ ನಡುವಣ ದೂರಗಳು ಸಮವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಯೂಕ್ಲಿಡಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ಇಲ್ಲ!

ನಿಮಗೆ ಬೇಕಾದರೆ, ಪೈಥಾಗೊರಾಸ್‌ನ ಪ್ರಮೇಯವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡಬಲ್ಲೆ. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ವಾಯುಮಾರ್ಗಗಳ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ (ಚಿತ್ರ 7.2) ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿ ಮಾಸ್ಕೋ-ಕೇಪ್‌ಟೌನ್-ಲಂಡನ್ ತ್ರಿಭುಜವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಕೋನ ತ್ರಿಭುಜವಾಗಿರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 7.2

ಆದ್ದರಿಂದ ಬಾಹುಗಳ ಮೇಲಿನ ಸಮ ಚತುರ್ಭುಜಗಳ ವರ್ಗಗಳ ಮೊತ್ತವು ಕರ್ಣದ ಮೇಲಿನ ಸಮಚತುರ್ಭುಜದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು. ಆಗಲಿ, ಪುನಃ ಯೋಚಿಸಿ. ಇವನ್ನು ಹೀಗೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು: ಮಾಸ್ಕೋದಿಂದ ಲಂಡನ್ನಿಗೆ ಇರುವ ದೂರವು 2490 ಕಿ.ಮೀ., ಮಾಸ್ಕೋದಿಂದ ಕೇಪ್‌ಟೌನಿಗೆ 10130 ಕಿ.ಮೀ. ಮತ್ತು ಲಂಡನ್‌ನಿಂದ ಕೇಪ್‌ಟೌನಿಗೆ 9660 ಕಿ.ಮೀ. ಪ್ರಮೇಯವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸುಳ್ಳಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಭೂಪಟದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಗೋಳವನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸುವ ಒಂದು ಸಮತಲದಲ್ಲಿನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ನಿಯಮಗಳು "ಸಾಧಾರಣ" ನಿಯಮಗಳಿಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು.

ಅರ್ಧಗೋಳಗಳ ಭೂಪಟವನ್ನು ನೋಡಿ, ಅದರಲ್ಲಿ "ಅಂಚುಗಳು" ಇರುವುದನ್ನು ಕಾಣುವಿರಿ. ಆದರೆ ಇದು ಭ್ರಾಂತಿ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ನಾವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಿದರೆ, ಯಾವ "ಭೂಮಿಯ ಅಂಚು" ಸಿಕ್ಕುವುದಿಲ್ಲ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಮಗನು ನೀನು ಏಕೆ ಅಷ್ಟು ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ ಪಡೆದಿರುವೆ ಎಂದು ತಂದೆಯನ್ನು ಕೇಳಿದುದಾಗಿ ಒಂದು ವಿನೋದ ಕಥೆ ಇದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮಹಾಶಯನ ಉತ್ತರ: "ನಾನು

ಅದೃಷ್ಟಶಾಲಿಯಾಗಿದ್ದೆ. ಗೋಳದ ಮೇಲೆ ಹರಿದಾಡುತ್ತಿರುವ ಕೀಟವು ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತದ ಸುತ್ತ ಹರಿದು ಪುನಃ ಹೊರಟ ಜಾಗಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಬರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನಾನೇ ಮೊದಲು ಕಂಡು ಹಿಡಿದೆನು.'' ಇದು ಏನೂ ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯವಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ವಿಶ್ವದ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಅವಕಾಶಕ್ಕೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿ; ವಿಶ್ವವು ಪರಿಮಿತ ವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಗೋಳದ ಎಲ್ಲೆಯಾಗಿರುವ ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯಂತೆ ಸಂವೃತವಾಗಿದೆ (ಹೀಗಾಗಿ ''ಸಾಧಾರಣ'' ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ನಿಯಮಗಳು ಇಲ್ಲಿ ಊರ್ಜಿತ ವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ) ಎಂದು ಸಮರ್ಥಿಸಿ; ಆಮೇಲೆ ಅದರಿಂದ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಬಿಂದುಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನಮಾನವಿರುವಂತೆಯೇ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನಮಾನವಿರುವುದು ಎಂದು ನಿರ್ಧಾರ ಮಾಡಿ - ಇದಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಅಸಾಧಾರಣ ಬೌದ್ಧಿಕ ಧೈರ್ಯ ಇರಬೇಕು.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ನಮಗೆ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳೆಲ್ಲಾ ನಮ್ಮಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕು ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ದೂರಕ್ಕೆ ಧಾವಿಸುತ್ತಿರುವುವು ಎಂದು ಕಂಡುಬಂದರೆ, ಆಗ ಯಾವುದೇ ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕೂಡ ಇದನ್ನೇ ಕಾಣುವನು ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸ ಬಹುದು; ತಾರಾವಿಶ್ವದ ಚಲನೆಯ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಅವನು ಅದೇ ನಿರ್ಧಾರ ಗಳಿಗೆ ಬರುವನು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುವವನು ಅಳತೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳ ವೇಗಗಳನ್ನೇ ಅವನೂ ಅಳತೆಮಾಡುವನು.

1917ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಮುಂದಿಟ್ಟ ವಿಶ್ವದ ಮಾದರಿಯು ಆತನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ (ನಾವು 4ನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಂದು ಹೆಸರು) ಒಂದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪರಿಣಾಮ.

ಆದರೂ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಒಂದು ಸಂವೃತ ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಆಲೋಚನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಸಂವೃತ ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗಲೇ ಬೇಕು ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್. ಎ. ಫ್ರೀಡ್‌ಮನ್ (1888 - 1925) ಎಂಬ ಸೋವಿಯತ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1922-1924ರಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಲೇ ಹೋಗಬೇಕು, ಇಲ್ಲ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಸಂಕೋಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕು ಎಂಬುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಯ್ತು. ಏನೇ ಆಗಲಿ, ಅದು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಲಾರದು. ಈ ಎರಡು ದೃಷ್ಟಿ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೊಂದನ್ನಾದರೂ ನಾವು ಅಂಗೀಕರಿಸಬಹುದು, ಅಂದರೆ ನಾವು ಈಗ ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿರುವ ಯುಗದಲ್ಲಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ವಿಶ್ವವು

ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು "ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡ" ವಾಗಿದ್ದಿತು (ಈ ಕಾಲದಿಂದ ಈಚೆಗೆ ಸಾವಿರಾರು ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು) ಮತ್ತು ಅದು ಸಿಡಿದು ಅದರ ಭಗ್ನಾವಶೇಷವು ಆಗಿನಿಂದ ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿರುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸ ಬಹುದು.

ಆಟಿಯ ಸ್ಫೋಟನೆಯ ಕಲ್ಪನೆಯು ವಿಶ್ವ ಸೃಷ್ಟಿಯ ಭಾವನೆಗೆ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನಾವು ಅರಿತಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಮುಖ್ಯ. ತುಂಬ ದೂರ ಭವಿಷ್ಯಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ತುಂಬ ಹೆಚ್ಚು ಪೂರ್ವಕಾಲಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅಗಾಧ ದೂರಗಳಿಗೂ ನೋಡಲು ಹೋಗುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಈಗ ಇರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಆಧಾರವೂ ಇಲ್ಲವಾಗಿರಬಹುದು.

ಒಂದು ಸರಳ ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಈಗ ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ಕಾಣುವ ಒಂದು ಯೋಜನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ. ದೂರದ ತಾರಾಮಂಡಲ ಗಳಿಂದ ನಮ್ಮನ್ನು ತಲುಪುವ ವಿಕಿರಣದ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡೋಣ. ಡಾಪ್ಲರ್ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವೇಗಗಳನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡೋಣ. ಅವುಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಇದ್ದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಹಾಗೆ ಕಂಡುಬರುವುದು. ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳ ಹಿಂಜರಿತದ ವೇಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಕೊಡುತ್ತವೆ: ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಹತ್ತು ಸಾವಿರ ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳು, ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಒಂದು ಲಕ್ಷ ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗಗಳು. ಈ ಹಿಂಜರಿಕೆಯ ವೇಗಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಮಿತಿಯಿರಬೇಕು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ತಾರಾಮಂಡಲವು ನಮ್ಮಿಂದ ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗದಲ್ಲಿ ದೂರ ಸರಿಯು ತ್ತಿದ್ದರೆ, ತತ್ವತಃ ನಾವು ಅದನ್ನು ನೋಡಲಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಡಾಪ್ಲರ್ ಸಮೀಕರಣದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ದ್ಯುತಿಯ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುವುದು (ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವುದು). ಇಂತಹ ತಾರಾಮಂಡಲದಿಂದ ಯಾವ ಬೆಳಕೂ ನಮ್ಮನ್ನು ಸೇರಲಾರದು.

ಈಗ ನಮ್ಮ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಇರುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ದೂರಗಳು ಯಾವುವು? ನಮ್ಮ ಅಂದಾಜು ಬಹಳ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ದೂರ

ನೋಡಲಿಕ್ಕಾಗಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ವ್ಯಥೆ ಪಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ: ನಾವು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುತ್ತಿರುವ ದೂರಗಳು ಸುಮಾರು ನೂರಾರು ಕೋಟಿ ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟಿರುವುವು!

ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರಗಳ ವಿಚಾರವೆತ್ತುವುದರಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವೇ ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು: ಈಗಿರುವ ಭಾವನೆಗಳ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ನೂರಾರು ಕೋಟಿ ದ್ಯುತಿ ವರ್ಷಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮಾತನಾಡುವುದು ಭೌತಿಕವಾಗಿ ಅರ್ಥರಹಿತವಾಗಿರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಇಂತಹ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಯಾವ ಕ್ರಮವೂ ಯೋಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿಲ್ಲ.

ಇಲ್ಲಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನ ಪಥದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿರುವ ಹಾಗೆಯೇ ಇರುವುದು: ಅದನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಭಾವನೆಗೆ ಅರ್ಥವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾದ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಾಯಗಳ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಹಲವು ತಿದ್ದುಪಾಟುಗಳಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣಭೂತವಾಯ್ತು. **ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು** ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ದೂರಗಳ ವಿಚಾರ ಮಾಡುವಾಗ ಅವಕಾಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ರೂಢಿಯಾದ ಭಾವನೆಗಳಿಗೆ ತಿದ್ದುಪಾಟುಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ವಿಶ್ವದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಮೀಸಲಾಗಿರುವ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವುದು ಉಚಿತವಾಗಿರುವುದು ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಈ ಮುಂದಿನ ತತ್ವದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರ ಪಟ್ಟಿದೆ: ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಾಗುವ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಗೂ, ಸರಿಯಾಗಿ ಆರಿಸಿಕೊಂಡ ಒಂದು ಜಡತ್ವೀಯವಲ್ಲದ ಪರಮಾರ್ಶೆಯ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅದೇ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಗೂ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಾಣಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಕೆಲವು ಸರಳ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ನಾವು a ಎಂಬ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿದ್ದೇವೆ. ನಿಮ್ಮ ಕೈಚಾಚಿ ಒಂದು ಗುಂಡನ್ನು ಕೈಬಿಡಿ. ಅದು ಹೇಗೆ ಬೀಳುವುದು? ಅದನ್ನು ಬಿಟ್ಟ ಕೂಡಲೇ (ಜಡತ್ವೀಯ ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿ ಕೋನದಲ್ಲಿ) ಅದು g ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಎತ್ತುಯಂತ್ರವು a ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವುದ

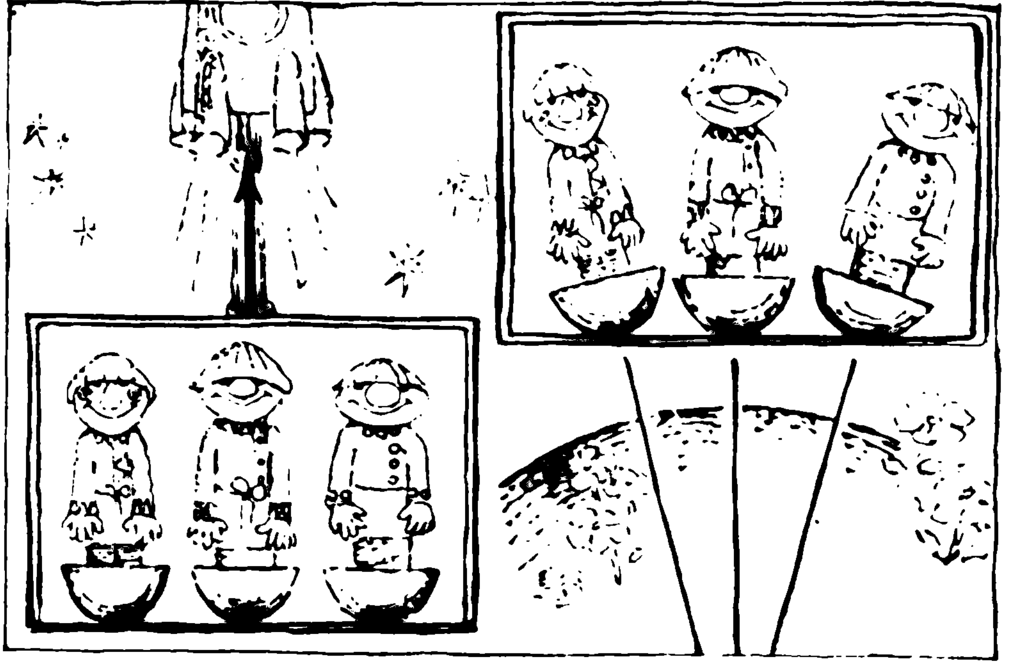
ರಿಂದ, ಎತ್ತುಯಂತ್ರದ ತಳಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು $(g-a)$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿನ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನು ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಚಲನೆಯನ್ನು $g'=g-a$ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಸಹಾಯದಿಂದ ವರ್ಣಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನು ತನ್ನ ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿನ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ''ಬದಲಾಯಿಸಿ''ದರೆ ಎತ್ತುಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವಿರುವುದೆಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ಈಗ ಎರಡು ಎತ್ತುಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡೋಣ. ಒಂದನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ತೂಗುಹಾಕಿದೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಅಂತರಗ್ರಾಹಕ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ a ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ g ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ನಿರುಪಾಧಿಕವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಅಂತರಗ್ರಾಹಕ ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿನ ಕಾಯಗಳೂ ಹಾಗೆಯೇ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳು $-a$ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ಎತ್ತುಯಂತ್ರದ ''ತಳ''ಕ್ಕೆ ''ಬೀಳುತ್ತವೆ'' ಇಲ್ಲಿ ತಳ ಎನ್ನುವುದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಎದುರಾಗಿರುವ ಗೋಡೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ರಿಯೆಗೂ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಬರುವ ಸಂಭವಗಳಿಗೂ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ.

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಯದ ವರ್ತನೆಯೂ, ಸಮನಾದ ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಯದ ವರ್ತನೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು. ಆದರೆ ಈ ಸಮಾನತ್ವವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದು ನಾವು ಅವಕಾಶದ ಸಣ್ಣ ಭಾಗಗಳ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಮಾತ್ರ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಸಾವಿರಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ಆಳತೆಯ ತಳವುಳ್ಳ ಒಂದು ''ಎತ್ತುಯಂತ್ರ''ವನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಇಂತಹ ಎತ್ತುಯಂತ್ರವನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ತೂಗು ಹಾಕಿದ್ದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳು ನಿಶ್ಚಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ a ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು. ಇದು ಚಿತ್ರ 7.3 ರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು: ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ ಕಾಯಗಳು ಎತ್ತುಯಂತ್ರದ ತಳಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕೋನದಲ್ಲಿ ಬೀಳುವುವು. ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಊರ್ಧ್ವದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬೀಳುವುವು.

ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಸಮಾನತಾ ತತ್ವವು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಸಮರೂಪವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುವ ಅವಕಾಶದ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 7.3

ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಆರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಸ್ಥಳೀಯ ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟು ಇವುಗಳ ಸಮಾನತಾ ತತ್ವದಿಂದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಹೊರಪಡುವುದು: ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಗೂ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿನ ವಿಕೃತಿಗೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು.

ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರು ದೂರಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಕಾಲಾವಧಿಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುತ್ತಿರುವರು. ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವರ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವುದು. ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಸಿರುವನು, ಮತ್ತೊಬ್ಬನು (ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ) ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವನು. ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ, ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲಿರುವ ಸಂಶೋಧಕನು ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುವನು. ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನು ತನ್ನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ನೋಡುತ್ತಿರುವನು ಅಷ್ಟೇ.

ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗವು ಇದು: ತ್ರಿಜ್ಯ ದಿಕ್ಕಿನ ದೂರವನ್ನು ಅಂದರೆ ಬಿಲ್ಲೆಯ ಒಂದೇ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಮೇಲೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವನ್ನು, ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದು. ಅಳತೆಗಳು ರೂಢಿಯಾದ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ

ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು: ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಅಳತೆಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ರೇಖಾ ಖಂಡದ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಸೇರುವಂತೆ ಇಡುವುದು. ಇಬ್ಬರು ಸಂಶೋಧಕರ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದಲೂ, ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯ ಉದ್ದವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ತ್ರಿಜ್ಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿನ ರೇಖಾ ಖಂಡದ ಉದ್ದದ ಬಗ್ಗೆ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರ ನಡುವೆ ಯಾವ ವಿವಾದವೂ ಇಲ್ಲ.

ಈಗ ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲಿರುವವನು ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವನು. ವೃತ್ತದ ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉದ್ಯುಕ್ತನಾಗುವನು. ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಈಗ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕಾಗುವುದು ಮತ್ತು ವೃತ್ತದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸ್ಪರ್ಶೀಯ ರೇಖಾಖಂಡದ ಉದ್ದವು ವೃತ್ತದ ಚಾಪದ ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಅಳತೆಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಬಳಸಬೇಕು. ಅಳತೆಪಟ್ಟಿಯು ವೃತ್ತದ ಪರಿಧಿಯ ಉದ್ದವೊಳಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿದ್ದುದು ಎಷ್ಟು ಸಲಗಳು ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ವೀಕ್ಷಕರು ವಿವಾದ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಪರಿಧಿಯ ಉದ್ದದ ಬಗ್ಗೆ ಅವರ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು. ಏಕೆಂದರೆ, ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಪಟ್ಟಿಯು ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದುದರಿಂದ ಅದು ಸಂಕುಚಿತವಾಯ್ತು ಎಂದು ನಿಶ್ಚಲ ವೀಕ್ಷಕನು ಸಾಧಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು, ಆದರೆ ವೃತ್ತದ ಪರಿಧಿಯ ಉದ್ದವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ವೃತ್ತದ ಪರಿಧಿಯ ಉದ್ದವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ $2\pi r$ ಸೂತ್ರವು ತಪ್ಪಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ನಿಶ್ಚಲ ವೀಕ್ಷಕನು ಅನುಮಾನಿಸುವನು. ಪರಿಧಿಯ ಉದ್ದವು $2\pi r$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಆತನು ಹೇಳುವನು.

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಹೇಗೆ ಯೂಕ್ಲಿಡಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಬೇಕಾಯ್ತು. (ಇದನ್ನೇ ಬೇರೆ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ) ಅಥವಾ ವಕ್ರವಾದ ಅವಕಾಶದ ಭಾವನೆಗೆ ಬಂದುದು ಏಕೆ ಎನ್ನುವುದು ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವುದು.

ಇದೇ ತರಹದ ''ಹುಚ್ಚು'' ಗಡಿಯಾರದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಭ್ರಮಣದ ಅಕ್ಷದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿರುವ ಗಡಿಯಾರಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳೆಲ್ಲಾ ನಿಶ್ಚಲ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕಿಂತ ಹಿಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ಗಡಿಯಾರವು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚು ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯುವುದು. ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ಗಡಿಯಾರಗಳನ್ನೂ ಅಳತೆಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನೂ ನೀವು ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಬಳಸಬಹುದು

ಎಂದು ನಿಶ್ಚಲ ವೀಕ್ಷಕನು ಹೇಳುವನು. ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಇವೆರಡೂ ಸ್ಥಳೀಯ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುವು.

ಈಗ ಸಮಾನತಾ ತತ್ವವನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳೀಯ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳು ತೋರಿಬರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸಬೇಕು. ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಚಿತ್ರ 7.3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಎತ್ತುಯಂತ್ರದಲ್ಲಿರುವುದೇ ಆಗಿರುವುದು. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರುತಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಸ್ಥಳೀಯ ವಕ್ರತೆಯು ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ನಾವು ಹಿಂದಿನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ ವಿಶ್ವದ ಸಂವೃತ ಸ್ವರೂಪವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಕ್ಷೇಪ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡುವುದು ಎಂದು ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು.

ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತರ್ಕಸರಣಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಜಟಿಲವಾದ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಿ ಬರುವ ಹಲವು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಉಪಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಸೂರ್ಯನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಹಾದುಹೋಗುವ ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣವು ಬಾಗಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಸೂರ್ಯನಿಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಹೋಗುವ ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣದ ಬಾಗುವಿಕೆಯು **1.75** ಕೋನೀಯ ಸೆಕೆಂಡು ಇರಬೇಕು. ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಲಬ್ಧವಾದ ಅಂಕಿಯು **1.70.** ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಬುಧ ಗ್ರಹದ ಪಥವು (ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ ಪಥದ ರವಿ ನೀಚವು) ತನ್ನ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಬೇಕು. ಒಂದು ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇದು **43** ಕೋನೀಯ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಾಗಬೇಕೆಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಸಂಖ್ಯೆಯು ನಿಖರವಾಗಿ ಇದೇ. ಈಗ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಮೂರನೆಯ ಮುನ್ಸೂಚಿತ ಪರಿಣಾಮ: ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಿ ಬರುವಾಗ, ಫೋಟಾನು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (ಆದ್ದರಿಂದ ದ್ಯುತಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ).

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಮಾನವ ಬುದ್ಧಿ ಶಕ್ತಿಯ ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡದಾದ

ಸಾಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ವಿಶ್ವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಕಲ್ಪನೆಗಳ ವಿಕಾಸದಲ್ಲಿ ಅದು ಮಹತ್ತರವಾದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಕ್ರಾಂತಿಗೊಳಿಸಿರುವುದು.

ಎಲ್ಲಾ ವಯಸ್ಸುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು

ವಿಶ್ವದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ಇನ್ನೂ ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದ ವರ್ಧಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು, ಇದು ಕಡಿಮೆ ವೇಗಗಳ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದಂತೆಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದಂತೆಯಾಗಲಿ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ವಿಕಸಿತವಾಗಿರುವ ಒಂದು ವಿಜ್ಞಾನ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಹೊಸ ನಿಯಮಗಳು ವ್ಯಕ್ತಪಡುವುವು ಎಂದು ನಂಬುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಾರಣವಿರುವುದು. ಇದುವರೆಗೂ ಇದು ಆಗಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಜನಾದರಣೀಯ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗಿರುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆಗಿಂದಾಗ್ಗೆ ರೂಪಿಸುವ ವಿಶ್ವದ ಚಿತ್ರವು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು. ಈಗ ಇಲ್ಲಿ ನಾನು ಹೇಳಲಿರುವ ವಿಷಯವು ಒಂದು ದಶಕದ ನಂತರ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳಬಹುದು.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಧಗಳಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದಲೇ ಮನಗಂಡಿದ್ದರು. ದೂರದರ್ಶಕ, ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕ ಮತ್ತು ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕ ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗುವ ಅನೇಕ ಭೌತಿಕ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳೊಡನೆ ಇರುವ ಸಾಮ್ಯದಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದಂತೆ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪರಮಾವಧಿ ತೀವ್ರತೆಯು ನಕ್ಷತ್ರದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ನಕ್ಷತ್ರದ ಕಾಣಬರುವ ಬಣ್ಣವು ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದೊಡನೆ ಐಕ್ಯಕ ಸಂಬಂಧವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು 3 ರಿಂದ 4 ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಬಣ್ಣವು ಕೆಂಪು ಛಾಯೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು, ಉಷ್ಣಾಂಶವು 6 ಮತ್ತು 7 ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ನಡುವೆ ಇದ್ದರೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಬಣ್ಣವು ಹಳದಿಯಾಗಿರುವುದು. ನಸುನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು 10-12 ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶಕ್ಕೆ ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾದಾಗ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತು ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರವಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾವಧಿ ವಿಕಿರಣವುಳ್ಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಕಾಣಬಂದವು. ಇಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ

ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಕೋಟ್ಯಾಂತರ ಡಿಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಬಹುದು ಎಂದು ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಗುಣಲಕ್ಷಣವೇನೆಂದರೆ ನಮ್ಮನ್ನು ತಲುಪುವ ವರ್ಣಪಟಲದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತ. ಇದು ನಕ್ಷತ್ರದ **ಪ್ರಕಾಶ**. ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಅಗಾಧ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ನಕ್ಷತ್ರದ ಗಾತ್ರ, ನಮ್ಮಿಂದ ಅದರ ದೂರ ಮತ್ತು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಜಲಜನಕ-ಹೀಲಿಯಂ ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಆಗಿರುವುವು. ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನು ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿಗೆ ಮಾದರಿ ನಕ್ಷತ್ರ. ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲದ ಜಾತಿಯಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅದರ ವಿಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಯ ತಾತ್ವಿಕ ಗಣನಾ ಕ್ರಮಗಳಿಂದಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕವು, ಶೇಕಡ 82 ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಶೇಕಡ 18. ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳೆಲ್ಲಾ ಸೇರಿ ಸೂರ್ಯನ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಶೇಕಡ 0.1ರಷ್ಟು ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಬರುವುವು.

ಅನೇಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅನಿಲ ಮಂಡಲಗಳು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸಾವಿರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮಗೆ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಹೇಗೆಂದರೆ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೀಳುತ್ತವೆ.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಮಾಧ್ಯಮವು ಊಹೆಗೆ ಮೀರಿದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ವಿರಳ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶದ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಇರುವುದು. ನಾವು ಉಸಿರಾಡುವ ಗಾಳಿಯ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರು ಸರಾಸರಿ 2.7×10^{19} ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶದ ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಸರಾಸರಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಅವಕಾಶ ಪ್ರದೇಶಗಳೂ ಇರುವುವು. ಅನಿಲವೇ ಅಲ್ಲದೆ, 10^{-4} ರಿಂದ 10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ವರೆಗಿನ ಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಧೂಳಿಯೂ ಇರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಈ ಅನಿಲ-ಧೂಳಿ ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾದವೆಂದು ಭಾವಿಸ ಬಹುದು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಒಂದು ಮೇಘವು ಗೋಳಾಕಾರಕ್ಕೆ

ಸಂಕುಚಿತವಾಗಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಲಕ್ಷಾಂತರ ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅದು ಸಂಕುಚಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅದು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುವಂತಾಗುವುದು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವು ಸಂಕುಚಿಸುತ್ತಿರುವ ಮೇಘದ ಗಾತ್ರದ, ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಾಗಿ ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು.

ಸಂಕೋಚನವು ಮುಂದುವರೆದಂತೆಲ್ಲಾ, ನಕ್ಷತ್ರದ ಒಳಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಒಂದು ತಾಪಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಕ್ರಿಯೆ (ಸಂಯೋಜನೆ ಕ್ರಿಯೆ) ಆರಂಭ ವಾಗುವ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ನಾಲ್ಕು ಬೀಜಗಳು ಒಂದು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜವಾಗಿ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುಗಳ 4.0339 ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನಗಳು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ 4.0038 ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನಗಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಹೀಗಾಗಿ 0.0301 ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಕ್ಷತ್ರದ ಅತ್ಯಂತ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ (ಗರ್ಭ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ) ಸಂಭವಿಸುವ ಜಲಜನಕದ ಉರಿಯು ನಕ್ಷತ್ರದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಬೇರೆಬೇರೆ ಕಾಲಾವಧಿಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಮುಂದುವರಿಯಬಹುದು. ಸೂರ್ಯನಿಗೆ, ಈ ಕಾಲಾವಧಿಯು 1000 ರಿಂದ 2000 ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಆಗಿರುವುದು. ಇದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಸ್ಥಾಯಿ-ಸ್ಥಿತಿಯ ಅವಧಿ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರವು ಹಿಡಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯುಳ್ಳ ಶಾಖವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡವು ಸಮತೂಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ನಕ್ಷತ್ರವು ಒಂದು ಅನಿಲದ ಉರುಳೆಯಂತಿರುವುದು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳೇ ಉರುಳೆಯ ಗೋಡೆಗಳು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಜಲಜನಕ ಇಂಧನದ ದಾಸ್ತಾನು ಮುಗಿದು ಹೋದಾಗ, ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರದ ಗರ್ಭ ಪ್ರದೇಶವು ಕುಸಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭವಾಗುವುದು.

ಆಮೇಲೆ ಏನಾಗುವುದು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ತಾತ್ವಿಕನು ಕೊಡುವ ಉತ್ತರವು ಇದು: ಎಲ್ಲವೂ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಹೊರಕವಚವನ್ನು ನೀಗಬಲ್ಲದೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ನಕ್ಷತ್ರವು ಹೊರಕವಚವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದರೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಅರ್ಧದಷ್ಟಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಬಲ್ಲ

ಬಲಗಳು ಕಾರ್ಯಗತವಾಗುವುವು. ಇದರ ಅಂತ್ಯ ಪರಿಣಾಮವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಒಂದು ಪುಟ್ಟ ನಕ್ಷತ್ರ. ಅದಕ್ಕೆ **ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಆಮೇಲೆ ಏನು? ಪುನಃ ನಕ್ಷತ್ರದ ಗತಿಯು ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸೌರನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಒಂದೂವರೆಯಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಅದು ಯಾವ ಕೌತುಕ ಸಂಭವವೂ ಇಲ್ಲದೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸಾಯುವುದು. ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುವುದು. ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಗುಜ್ಜಾರಿಯು ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದ ಒಂದು ತಂಪಾದ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗುತ್ತದೆ. ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸಾವು ಹೀಗೆಯೇ ಇರುವುದು.

ಇಂಧನವು ವ್ಯಯವಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಹೊರಕವಚವನ್ನು ನೀಗಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಒಂದೂವರೆ ಸಲಗಳಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿಯ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸಂಕೋಚನವು ನಿಲ್ಲುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೊಡನೆ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿ ಒಂದು **ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರವು** ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು. ಇದು ಕೆಲವೇ ಹತ್ತು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸುಮಾರು ಒಂದು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟಿರಬೇಕೆಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಅದರ ಪರಮಾವಧಿ ವಿಕಿರಣವು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವುದು.

ತನ್ನ ಹೊರಕವಚವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಬಲ್ಲ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಚರಿತ್ರೆಯನ್ನು ನಾವು ಈಗತಾನೆ ಚರ್ಚಿಸಿರುವೆವು. ಆದರೆ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಇಂತಹ ಕವಚ ಕಳಚುವಿಕೆ ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕೆಂದು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಆಕಾಶ ಕಾಯವು ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನ ಹತ್ತರಷ್ಟರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಆಗ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ನಾಶಮಾಡುವುದು. ನಕ್ಷತ್ರವು ಮೊದಲು ಇದ್ದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಒಂದು **ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ** ಇರುವುದು.

ಸಂಕೋಚನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದ ಯಾವ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇದು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಮತ್ತು ''ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ'' ಎಂಬ ಪದವು ಏನನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ?

ಭೂಮಿಯಿಂದ ಅಂತರಿಕ್ಷೀಯ ವಾಹನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕ್ಷೇಪ ಮಾಡುವುದರ ಸರಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನೆನಪು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳೋಣ. (ಈ ಮಾಲೆಯ ಒಂದನೆಯ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು

ನೋಡಿ). ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 11 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವೇಗವು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಈ ವೇಗವು

$$v^2 = \gamma \frac{M}{R}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಗೋಳವು ಸಂಕೋಚಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಆಕಾಶ ಬಾಣವು ಇಂತಹ ಕಾಯದಿಂದ ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶಕ್ಕೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೇ ಹೋಗುವುದು. ಆದರೆ ವೇಗದ ಮಿತಿಯು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 300 000 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು! ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಗೋಳವು

$$R = \gamma \frac{M}{(300\,000 \ \mathrm{km/s})^2}$$

ತ್ರಿಜ್ಯದ ಒಂದು ಗೋಳಕ್ಕೆ ಸಂಕೋಚಿಸಿದರೆ ಆಗ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಏನು ಬೇಕಾದರೂ (ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಕಿರಣ ಅಥವಾ ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣ) ಹಿಂದೆ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದ್ದುದರೊಳಕ್ಕೆ ಹೋಗಬಹುದು. ಆದರೆ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹೋಗಲಾರದು; ಅದು ರಂಧ್ರದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಲಾರದು. ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಎನ್ನುವುದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಬಹಳ ಉಚಿತವಾದ ಹೆಸರಾಗಿರುವುದು, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು 3 ರಿಂದ 50 ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳುಳ್ಳ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು 60 ರಿಂದ 1000 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುವು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈಗ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳು. ಇಡೀ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವ ಈ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ ಇದು ಒಂದು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಸಮಸ್ಯೆ ಎಂದು ವಾಚಕನು ಎಣಿಸಬಹುದು, ಆದರೂ ಇಂತಹ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವ ಮಾರ್ಗವೇ ಬೋಧಪ್ರದವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ. ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ಅದರ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಲಾಗದ ಒಂದು ಆಕೃತಿಗೆ ಪರೋಕ್ಷವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವುದರಲ್ಲಿಯೇ ತಾನೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಮೇಧಾಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಪಡುವುದು.

ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಸಮಸ್ಯೆಯು ವಾಸ್ತವವಾಗಿಯೂ ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ

ಅಷ್ಟೇಕೆ ಬಗೆಹರಿಸಲ್ಪಡಲಾಗದಿರುವಂತೆಯೂ, ಕಾಣಬರುವುದು. ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ 1000 ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸದ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಯು ಕೋನೀಯ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಯಾವ ದೂರದರ್ಶಕವೂ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾರದು.

ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಿಗೆ ಹಿಂದೆಯೇ, ಯಾ. ಸೆಲ್ಡೊವಿಚ್ ಎಂಬ ಸೋವಿಯತ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳಿಂದ ಹತ್ತಿರದ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಯ ಮೇಲೆ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳಿಗಾಗಿ ಹುಡುಕಬಹುದು ಎಂಬ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟನು. ತನ್ನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳೊಡನೆ ಆತನು ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ದೃಗ್ಗೋಚರ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಪರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಿದನು. ಇಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರವು ಒಂಟಿಯಾಗಿ ಕಾಣಬರುವುದು, ಆದರೆ ಅದರ ಭ್ರಮಣದಿಂದಾಗಿ ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳು ನಕ್ಷತ್ರವು ನಮ್ಮನ್ನು ಅಗಲಿ ಹೋಗುತ್ತಿರುವುದೋ ಅಥವಾ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವುದೋ ಎಂಬುದನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಕೆಂಪು ಕಡೆಗೋ ಅಥವಾ ನೀಲಿಯ ಕಡೆಗೋ ಸರಿಸಲ್ಪಡುವುವು.

ಇತರ ದೇಶಗಳ ಸಂಶೋಧಕರೂ ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಕೆಲವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಡಾಪ್ಲರ್ ಪಲ್ಲಟದ ಮೌಲ್ಯದಿಂದ, ಕಾಣುತ್ತಿರುವ ಉಪಗ್ರಹ ನಕ್ಷತ್ರವು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸ್ಥೂಲ ಅಂದಾಜನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು. ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಮೂರರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಿರುವ ಕೆಲವು ಅದೃಶ್ಯ ಅಭ್ಯರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಯ್ತು. ಇವುಗಳು ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿಗಳಾಗಲಿ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಲಿ ಆಗಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ.

ಇಷ್ಟಾದರೂ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದಂತಹ ಅಪರೂಪ ವಸ್ತುವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಇರುವುದು ಎಂದು ಸಾಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಲದಾಗಿರುವುದು. ಯಾವ ವಿರೋಧಿಯು ಬೇಕಾದರೂ ಆವರ್ತಿತವಾಗುವ ಡಾಪ್ಲರ್ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆಗಳ ಒಂದು ಪೂರ್ತಿ ಪರಂಪರೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಡಬಹುದು.

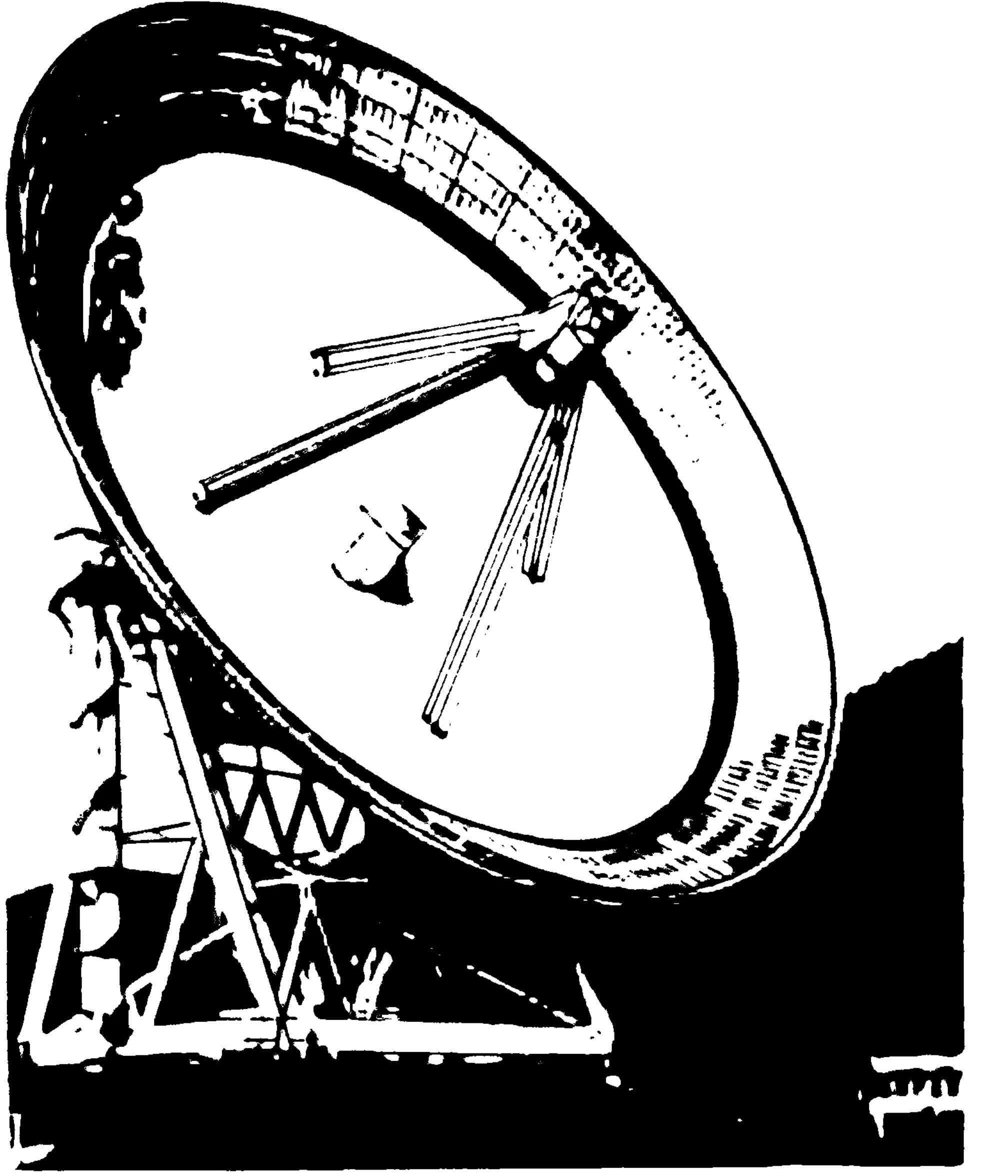
ಆದಾಗ್ಯೂ, ನಮ್ಮ ಸಹಾಯಕ್ಕೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಒಂದು ವಿದ್ಯಮಾನವಿರುವುದು. ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವು ತನ್ನ ಅನುಯಾಯಿ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಅನಿಲವನ್ನು ತನ್ನೊಳಕ್ಕೆ ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲುದು. ಈ ಅನಿಲವು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಅದು ಹೆಚ್ಚು

ವಿಸಿಯಾಗಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಬೇಕು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿಗಳೂ ಅನಿಲವನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜ, ಆದರೆ ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ ಇಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂತರದಿಂದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಅನುಯಾಯಿ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಈಗ ತಾನೆ ಗುರ್ತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಇನ್ನೂ ಹೊಸ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತ ಮುತ್ತಲಿನ ಅವಕಾಶದಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣದ ವರ್ಣಪಟಲದ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿ ವಿಶದಪಡಿಸುವ ತಾತ್ವಿಕ ಗಣನಾಕ್ರಮಗಳೂ ನೆರವೇರುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಸದ್ಯದ ಭವಿಷ್ಯವು ಇಂತಹ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕ "ಕಾಯಗಳು" ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಸಲ ಕಾಣಬರುವುವೋ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದು ಖಂಡಿತ. ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸುಮಾರು 10 [16] ಗ್ರಾಂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮರಂಧ್ರಗಳೂ ಇರಬಹುದೆಂದು ನಂಬಲು ಕಾರಣವಿರುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಗಾತ್ರವುಳ್ಳ ಇಂತಹ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದ ಹಾಗೆ ತೀರಿಹೋಗಬಹುದು ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಈ ಅಂತ್ಯಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮಲ್ಲಿರುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೆಂದರೆ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಪೂರೈಸಬಲ್ಲುದು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಟ್ಟುಕಥೆಗಳನ್ನು ಬರೆಯುವವರಿಗೆ ಎಂತಹ ಅದ್ಭುತ ವಿಷಯ!

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರ

ಚಿತ್ರ 7.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವು ಆಪಾತವಾದ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ಕಿರಣಜಾಲಗಳನ್ನು ನಾಭೀಕರಿಸುವ ಒಂದು ಪರಾವಲಯಾಕಾರದ ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕ ತಂತಿ (ಆಂಟೆನಾ)ಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಗ್ರಾಹಕವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಸಂಜ್ಞೆಯು ಆಮೇಲೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಯ ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ವರ್ಧಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಪರಾವಲಯಾಕಾರದ ಆಂಟೆನಾವು ಎಫ಼ೆಲ್ಸ್‌ಬರ್ಗ್ ರೇಡಿಯೋ ವೀಕ್ಷಣ ಮಂದಿರಕ್ಕೆ (ಪಶ್ಚಿಮ ಜರ್ಮನಿಯ ಬಾನ್ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ) ಸೇರಿದುದು. ಪೂರ್ತಿ ತಿರುಗಿಸಬಹುದಾದ



ಚಿತ್ರ 7.4

ಈ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು (ವ್ಯಾಸ ಸುಮಾರು 100 ಮೀಟರುಗಳು) ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯವೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಅನೇಕ ದೇಶಗಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡಗಳು ಕೂಡುಸಂಶೋಧನೆಗಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಿವೆ.

ಇಂತಹ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಗಳಾಗಿವೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಯಾವ ಕಡೆಗೆ ಬೇಕಾದರೂ ತಿರುಗಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಆಂಟೆನಾವು ಪ್ರತಿ ಚದರ ಮೀಟರಿಗೆ ಸುಮಾರು 10^{28} ವಾಟ್ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಷ್ಟರ ಶಕ್ತಿ ಅಭಿವಾಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಲ್ಲದು. ಎಷ್ಟು ಭ್ರಾಮಕವಾಗಿದೆ!

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರವು ವಿಶ್ವದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣಭೂತವಾಗಿದೆ.

ಅತಿ ದೂರವಲ್ಲದ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆಯೂ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು. ಆಗ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಗ್ರಹಣ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲನಗಳು ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಅಡಚಣೆಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದುವರೆಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಎರಡು "ಗವಾಕ್ಷ"ಗಳು ಇವೆ. ಒಂದು ದೃಗ್ಗೋಚರ ದ್ಯುತಿಯನ್ನು ಹಾಯಗೊಡುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು 2 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳು (15 000 ಮೆಗಾಹರ್ಟ್ಸ್) ಮತ್ತು 30 ಮೀಟರುಗಳು (10 ಮೆಗಾಹರ್ಟ್ಸ್) ನಡುವಣ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹಾಯಲುಬಿಡುತ್ತದೆ.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹವಾಮಾನವು ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ರೇಡಿಯೋ ಆಕಾಶವು ನಾವು ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಆಕಾಶಕ್ಕಿಂತ ತೀರ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಅನೇಕ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳೂ ಮತ್ತು **ಕ್ವೇಸಾರ್‌ಗಳೂ (ನಕ್ಷತ್ರಪ್ರಾಯ ಕಾಯಗಳು)** ಅಲ್ಲದೆ ಶಕ್ತಿಯುತ ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಕೂಡ ದ್ಯುತಿ ವರ್ಣಪಟಲದ ದೃಶ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವುದೇ ಇಲ್ಲ.

ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶದ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಅಷ್ಟೇನೂ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದುದಲ್ಲ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ತಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನದ ಅದ್ಭುತ ಸಾಧನೆಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ಅದರ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು. ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ: ಸೂರ್ಯನ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ವರ್ಣಪಟಲದ ದ್ಯುತೀಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ವಿಸರ್ಜನೆಗಿಂತ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದು.

ಹಾಗಿದ್ದರೂ, ರೇಡಿಯೋ ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಜ್ಞಾನವಿಲ್ಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅನೇಕ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಾವು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಕ್ರಿಯಾ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ **ಸೂಪರ್‌ನೋವಾಗಳ**

(ಅತಿ ಶಕ್ತಿಯುತ ನವತಾರೆಗಳ) ಸ್ಫೋಟನೆಗಳ ಅವಶಿಷ್ಟ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಅಳತೆಗಳು ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿವೆ.

ತಟಸ್ಥ ಜಲಜನಕವು 21 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತ ತರಂಗವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ತೀವ್ರತೆಯು ಅಳತೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಅನಿಲದ ಹಂಚಿಕೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಮೇಘಗಳ ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು.

ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಮಿತಿಯವರೆಗೂ ಮುಟ್ಟುವ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ರೇಡಿಯೋ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳೂ ಮತ್ತು ಕ್ವೇಸಾರ್‌ಗಳೂ ಕಾಣಬಂದಿವೆ. ಈ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿಕಿರಣದ ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟವು 3.5ರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದು ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಸಾಕು. **ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ**ವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ವಿಸರ್ಜಿತ ತರಂಗಾಂತರದ ಪರಿಮಾಣ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತ ಎಂಬುದಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ 3.5 ಸಲಗಳಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು.

ರೇಡಿಯೋ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಅಂಚಿನವರೆಗೂ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ವಿಶ್ವದ ದೂರಪ್ರದೇಶಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳು

ಈಗ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದಿಂದ ಹೊರಗಡೆ ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅನುಕೂಲವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ನಮ್ಮ ಗ್ರಹವು ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಸತತವಾದ ಹೊಡೆತಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಈ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳು 10^8 ಮತ್ತು 10^{20} ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವುದು. ಸುಮಾರು 10^{20} ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಇದುವರೆಗೂ ಕಟ್ಟಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಣ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಯಂತ್ರಗಳ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಎಂಟು ಪರಿಮಾಣ ಕೋಟಿಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿರುವುದು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೇ (ಸುಮಾರು

ಶೇಕಡ 90); ಉಳಿದದ್ದು ಇನ್ನೂ ಭಾರವಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಅಣುಗಳು, ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಇವುಗಳೊಡನೆ ವಿಶ್ವಕಿರಣದ ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಾದರೆ, ಅವುಗಳಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುವು. ಆದರೆ ಖಗೋಳ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ವಿಶೇಷ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವುದು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿಯೇ. ಇಂತಹ ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಣಗಳ ಅಭಿವಾಹಗಳು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾದುವು? ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳು ಎಲ್ಲಿವೆ?

ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣದ ಪ್ರಧಾನ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲ ಎಂದು ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಹಾಗಾದರೆ, ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವುದರ ಹೊಣೆಗಾರಿಕೆಯನ್ನು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ಹೊರಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಅವು (ತತ್ವತಃ) ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೆ ಯಾರು ಹೊಣೆಗಾರರು?

ನಮ್ಮ ತಾರಾಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿ.ಶ. 1054ನೆಯ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಆಸ್ಫೋಟನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಕ್ರ್ಯಾಬ್ ನೀಹಾರಿಕ ಎಂಬುದೊಂದಿದೆ (ಆಕಾಶವು ಅನೇಕ ಸಾವಿರಾರು ವರ್ಷಗಳಿಂದಲೂ ವೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬೇಡಿ). ಇದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣಗಳ ಒಂದು ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವೆಂದು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ - ಈ ತಾಳೆಯು ವಿಶ್ವದ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಗಳ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸುವುದು. ಒಂದು ಕಣವು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಯ ಸುತ್ತ ಸುರುಳಿ ಆಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತ ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಆಸ್ಫೋಟನೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನಿನ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ ಸಾಕು, ಆಗ ಬಲ ರೇಖೆಯ ಸುತ್ತ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸಾವಿರಾರು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಇರುವ ಕಣವು ಗಳಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ಮೊತ್ತವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳದಾಗಿರಬಹುದು.

ನಮ್ಮ ತಾರಾಮಂಡಲದ ವ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ದೂರ ಸಾಗಿದ ಮೇಲೆ, ಒಂದು ವಿಶ್ವದ ಕಣವು 10^{19} ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಲಾರದು ಎಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕಣಗಳು ಇತರ ತಾರಾಮಂಡಲಗಳಿಂದ ನಮ್ಮನ್ನು ತಲುಪಬೇಕು.

ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಆಸ್ಫೋಟನೆಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಯಾವ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳಾದರೂ ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳೂ ಆಗಿರಬಹುದು.

ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಈ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಆಕಾಶ ಬುಟ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕಗಳು ಹಲವು ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಹೊರಪಡಿಸಿದವು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತರಗಳಲ್ಲಿ ಸಮುದ್ರ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಾಗುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾದ ಗತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುವುದು ಎಂದು ಸಂಶೋಧಕರು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು.

ಎಂದಿನಂತೆ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕದ ಫಲಕಗಳು ಬೀಳುವುದು, ಉಪಕರಣದ ಯಾವುದಾದರೂ ನ್ಯೂನ್ಯತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಲ್ಲ, ಆದರೆ ಯಾವುದೋ ವಿಧದ ಬಾಹ್ಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗುವ ವಿದ್ಯಮಾನ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯ್ತು.

1920ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕದ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ನಾಶಮಾಡುವ ವಾಯುವಿನ ಅಯಾನೀಕರಣವು ಭೂಮಿಬಾಹಿರ ಮೂಲದ್ದಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಇದನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ನಿರ್ಧಾರವಾಗಿ ಹೇಳಿದವನು ರಾಬರ್ಟ್ ಆನ್‌ಡ್ರೂಸ್ ಮಿಲಿಕನ್ (1868-1953) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ **ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳು** (ಅಥವಾ **ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣ**) ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟವನೂ ಆತನೇ.

1927ರಲ್ಲಿ ಡಿ. ವಿ. ಸ್ಕೋಬೆಲ್‌ಟ್ಸಿನ್ ಎಂಬ ಸೋವಿಯತ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಅಯಾನೀಕರಣ ನಿಲಯದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳ ಜಾಡುಗಳ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದನು.

ವಿಶ್ವದ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ನಾವು ಆಗಲೇ ಬೇರೆ ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ವರ್ಣಿಸಿರುವ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಅವುಗಳು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದವು.

ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವರು. ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್ ಇರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದುದು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ - ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ನಡುವಣ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಮೆಸಾನ್‌ಗಳ ವಿಷಯವೂ ಹೀಗೆಯೇ: ಅವುಗಳನ್ನೂ ವಿಶ್ವ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾಯ್ತು.

ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಭೌತಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಅತ್ಯಂತ ಭಾವೋದ್ರೇಕ ಕಾರಕ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿರುವುವು.

* * *

ಈಗಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಪೂರ್ಣತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಅದನ್ನು ಇಡೀ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ ಅಂಶಗಳು ಮತ್ತು ಭಾವನೆಗಳ ವಿವರಣೆಗೆ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅನೇಕ ಭೌತಿಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಹೆಚ್ಚು ಕುತೂಹಲಕಾರಿಯಾದವುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಾನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಯ್ತು.

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಸೂಚಿ

ಅಂತಸ್ಥ ಇಂಧನ — Potential Fuel
ಅಕ್ಷಿಪಟ — Retina
ಅನಿಲಗಳ ವಿಸರಣ — Gaseous Diffusion
ಅನುಪೂರಕ — Complementary
ಅನುಸಕ್ತಿ — Adhesion
ಅಯಾನೀಕರಣ ವಿಭವ — Ionisation Potential
ಅಸಂಸಕ್ತ — Noncoherent
ಅಸಮದೃಷ್ಟಿ (ಅಸ್ಟಿಗ್ಮ್ಯಾಟಿಜಮ್) — Astigmatism
ಅವಶೋಷಣ, ಗ್ರಹಣ — Absorption
ಅವಶೋಷಣ ಗುಣಾಂಕ,
ಲೀನತೆಯ ಗುಣಾಂಕ — Absorption Coefficient
ಅವಳಿಜವಳಿಗಳ ವಿರೋಧಾಭಾಸ — Twin Paradox
ಆವರ್ಧಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ — Magnifying Power
ಆಕ್ರಮಣ (ವ್ಯಾಪಕತ್ವ) ಸಾಂದ್ರತೆ — Occupancy Density
ಇಂಧನ ಉತ್ಪಾದಕ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ,
ವರ್ಧಕ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ — Breeder Reactor
ಉತ್ತೇಜಿತ ವಿಸರ್ಜನೆ — Stimulated Emission

ಉತ್ಕ್ರಮಣತಾ ತತ್ವ — Principal of Reversibility

ಒಡ್ಡುವ ಕಾಲ ಪ್ರಮಾಣ — Exposure Time

ಒಳಬಾಗಿನ ಕನ್ನಡಿ — Concave Mirror

ಏಕವರ್ಣಕಾರಕ — Monochromator

ಏಕಕಾಲತೆ — Simultaneity

ಕಾಂತಿಭೇದ — Contrast

ಗೋಳಾಪಸರಣ — Spherical Aberration

ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲ — Absorption Spectrum

ಚಲಪರಿಮಾಣ — Argument(of a Function)

ಜ್ಯೋತಿ ತೀವ್ರತೆ — Luminous Intensity

ತನುವಾದ — Dilute

ತರಂಗಾಗ್ರ — Wave Front

ತಾರಾಮಂಡಲ — Galaxy

ತ್ರಿಕೋನ ವಿಂಗಡಿಕೆ — Triangulation

ದೃಷ್ಟಿ ಕ್ಷೇತ್ರ — Field of View

ದ್ರವ್ಯಾಂಕ ವರ್ಣಪಟಲ
ಲೇಖಕೋಪಕರಣ — Mass Spectrograph

ದ್ಯುತಿದ್ವಾರದ ಅನುಪಾತ — Aperture Ratio

ದ್ಯುತಿ ಸಂವೇದಿ — Photo-Sensitive

ನಮನ (ವಿವರ್ತನ) — Diffraction

ನಾಭಿ ದೂರ — Focal Length

ನಿಗೂಢಪ್ರಜ್ಞೆ — Subconscious

ನಿಜ ಕಾಲ (ಸ್ವಾನುಭವ ಕಾಲ) — Proper Time

ನಿಸ್ಪಂದ ಸಮತಲ — Nodal Plane

ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣ — Violet

ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗುಣಕಸಂಖ್ಯೆ — Nuetron Multiplication factor

ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನ — Atomic mass unit

ಪರಮಾಣು ಸಂಚಯ — Atomic Pile

ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ — Nuclear Reactor

ಪಾಯಸ — Emulsion

ಪರೀಕ್ಷಾ ಊಹೆ ಮತ್ತು ತಪ್ಪು ಸರಿ ನೋಡುವ (ತಾಳೆನೋಡುವ) ಪದ್ಧತಿ — Trial & Error method

ಪರಾ ಯುರೇನಿಯಂ — Transuranium

ಪಾರದೀಪಕ — Translucent

ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿ ಗುಣಕಸಂಖ್ಯೆ — Reproduction Factor

ಪುನಸ್ಸಂಪೂರಕ — Feedback

ಪ್ರಕಾಶಮಿತಿ — Photometry

ಪ್ರದೀಪ್ತಿಮಾಪಕ — Fluorometric

ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರ — Antiparallel

ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿ — White Dwarf

ಭುಜಗಳ ಅಕ್ಷ — Axis of Abscissas

ಮಂದಕಾರಕ — Moderator

ಮಧ್ಯಪಟ — Diaphragam

ವಕ್ರೀಕರಣಾಂಕ (ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಂಕ) — Refractive Index

ವಕ್ರೀಕರಣಮಾಪಕ — Refractometer

ವರ್ಣವಿಕ್ಷೇಪಣ — Dispersion

ವರ್ಣಿಕ ಅಪಸರಣ — Chromatic Aberration

ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕ — Spectrograph

ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಜ್ಞಾನ — Spectroscopy

ವ್ಯತಿಕರಣ — Interference

ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪಕ — Interferometer

ವಿಕಿರಣಚಿತ್ರಣ — Rediography

ವಿಭಾಜಕ — Analyzer
ವಿಭೇದನ — Resolution
ವಿಭೇದಿಸು — Resolve
ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕ (ವಿದ್ಯುತ್‌ದರ್ಶಿ) — Electroscope
ವಿವಿಧ ಸಂಪರ್ಕ ಕೋಶ — Hetero Contact Cell
ಶಾಖಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆ — Thermonuclear Reaction
ಸಂದೀಪ್ತಿ — Luminiscence
ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ — Synthetic
ಸಂಪೂರ್ಣ ಆಂತರಿಕ ಪ್ರತಿಫಲನ — Total Internal reflection
ಸಮಕಾರಕವನ್ನೊದಗಿಸುವ — Compensating
ಸಮಸಂಪರ್ಕಕೋಶ — Homocontact Cell
ಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಉದ್ದ — Coherence length
ಸಂವೇದನಶೀಲತೆ — Sensitivity
ಸಂವೃತ ವ್ಯೂಹ — Closed System
ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ — Parallax
ಸದೃಶ ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿ — Metastable State
ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಚಿತ್ರನಮೂನೆ (ಕ್ರಿಸ್ಟಲೋಗ್ರಾಮ್) — Crystallogram
ಸ್ಫುಟಗೊಳಿಸು — Develope
ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿ — Phosphorescence
ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಕವಲ್ಲದ — Inelastic
ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ವಿಕಿರಣ — Spontaneous Radiation
ಹಿಡುಕ — Holder
ಹೊರಬಾಗಿನ ಕನ್ನಡಿ — Convex Mirror

ಈ ಮಾಲೆಯ ಇತರ ಪುಸ್ತಕಗಳು

ಪುಸ್ತಕ 1: **ಭೌತಿಕ ಕಾಯಗಳು**
ಪುಸ್ತಕ 2: **ಅಣುಗಳು**
ಪುಸ್ತಕ 3: **ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು**

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಒಂದು ಸ್ಫುಟವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವ ಸರಳಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಿ ಕೊಡುವುದೇ ಗ್ರಂಥಕರ್ತರಾದ ನೊಬೆಲ್ ಮತ್ತು ಲೆನಿನ್ ಬಹುಮಾನಗಳಿಸಿದ ದಿವಂಗತ ಲೆವ್ ಲಂಡೌ ಮತ್ತು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ ಇವರುಗಳ ಉದ್ದೇಶ ವಾಗಿದ್ದಿತು. ನವೀನವಾದ ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪರಿಚಯವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವವರಿಂದ ಹಿಡಿದು ಕಾಲೇಜು ಸ್ನಾತಕರೂ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವ ಇತರರೂ ಸೇರಿ ವಿಸ್ತಾರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ಓದುಗರೆಲ್ಲಾ ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದಿ ಆನಂದಿಸ ಬಹುದು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಿಗೂ ಇದು ಒಂದು ಶ್ರೇಷ್ಠವಾದ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಹಾಯಕವಾಗಬಹುದು.

ಭೌತಿಕ ಕಾಯಗಳು

ಎಲ್. ಡಿ. ಲಂಡೌ, ಎ. ಐ. ಕಿತೈಗೊರೋದ್ಸ್ಕಿ

ವಿಖ್ಯಾತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೂ, ನೊಬೆಲ್ ಮತ್ತು ಲೆನಿನ್ ಬಹುಮಾನ ಸನ್ಮಾನಿತನೂ ಆದ ದಿವಂಗತ ಅಕಾಡೆಮಿಷಿಯನ್ ಲೆವ್ ಲಂಡೌ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಕಿತೈಗೊರೋದ್ಸ್ಕಿ ಇವರಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಜನಪ್ರಿಯ **ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ** ಎಂಬ ಹೆಸರಾಂತ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯ ಈ ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ; ಒಬ್ಬನು ಜಡತ್ವೀಯ ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವವನು, ಇನ್ನೊಬ್ಬನು ಜಡತ್ವೀಯವಲ್ಲದ ಪರಾಮರ್ಶೆಯ ಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವವನು. ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅದರ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಅವಕಾಶ ವೇಗಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು, ಚಂದ್ರನಿಂದುಂಟಾಗುವ ಉಬ್ಬರವಿಳಿತಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಇತರ ವಿವಿಧ ಭೂಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೂ ಅರ್ಥವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು ಮುಂತಾಗಿ ಅನೇಕ ವಿವರಗಳೊಡನೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಮುನ್ನಡೆಗಳನ್ನೂ ಸಾಧಾರಣ ಓದುಗನಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವುದೇ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿರುವುದು.

ಅಣುಗಳು

ಎಲ್. ಡಿ. ಲಂಡೌ, ಎ. ಐ. ಕಿತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

ಎಲ್. ಲಂಡೌ ಮತ್ತು ಎ. ಕಿತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ ಇವರ ಜನಪ್ರಿಯ **ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ** ಎಂಬ ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕ. ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಸಾಧನೆಗಳ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಸರಳವೂ ಸುಗ್ರಾಹ್ಯವೂ ಆದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಾಚಕನಿಗೆ ಒದಗಿಸಿಕೊಡುವುದೇ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಉದ್ದೇಶ. ದ್ರವ್ಯದ ವಿವಿಧ ಅವಸ್ಥಾ ರೂಪಗಳು, ದ್ರವರೂಪದ ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿ ದ್ರಾವಣಗಳ ಸಂರಚನೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು, ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಮತ್ತು ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮ ಇವೇ ಮುಂತಾದ ವಿಷಯಗಳ ಪರಿಚಯವನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಜನಪ್ರಿಯ **ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ**ವೆಂಬ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯ ಈ ಪುಸ್ತಕವೂ ಮತ್ತು ಇದರ ಮುಂದಿನ ಎರಡು ಪುಸ್ತಕಗಳೂ (***ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು*** ಹಾಗೂ ***ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು***) ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲತತ್ವಗಳ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತವೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು

ಎ. ಐ. ಕಿತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಎಂಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಮಾಲೆಯನ್ನು ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಹಾಗೂ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಲೋಹ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಾಮಾನ್ಯ ತತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಪುಸ್ತಕದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳು ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಾಸ್ತ್ರ ಇವುಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಈಗಿನ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನೂ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪುಸ್ತಕ 4

ISBN 5-03-000418-1

ಮಿರ್ ಪ್ರಕಾಶನ
ಮಾಸ್ಕೋ

ನವಕರ್ನಾಟಕ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್ಸ್ ಪ್ರೈವೇಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ್
ಬೆಂಗಳೂರು